The Library

of the

David Dunlap Observatory

Presented by

Dr. C. A. Chant

March 13 1952

TRAITE
DE LA LVMIERE.

Où sont expliquées

Les causes de ce qui luy arrive

Dans la REFLEXION, & dans la
REFRACTION.

Et particulierement

Dans l'etrange REFRACTION

DV CRISTAL D'ISLANDE.

Par Monsieur CHRISTIAN HUYGENS, Seigneur de Zeelhem,

Avec un Discours de la Cause

DE LA PESANTEVR.

A LEIDE,
Chez PIERRE VANDER AA, Marchand Libraire.
MDCXC.

PREFACE.

J'escrivis ce Traité pendant mon sejour en France, il y a 12 ans; & je le communiquay en l'année 1678 aux personnes sçavantes, qui composoient alors l'Academie Royale des Sciences, à la quelle le Roy m'avoit fait l'honneur de m'appeller. Plusieurs de ce corps, qui sont encore en vie, pourront se souvenir d'avoir este presents quand j'en fis la lecture, & mieux que les autres, ceux d'entre eux qui s'appliquoient particulierement à l'étude des Mathematiques; des quels je ne puis plus citer que les Celebres Messieurs, Cassini, Romer, & De la Hire. Et quoyque du depuis j'y aye corrigé & changé plusieurs endroits; les copies que j'en fis faire dés ce temps là, pourroient servir de preuve, que je n'y ay pourtant rien adjouté, si ce n'est des conjectures touchant la formation du Cristal d'Islande, & une nouvelle remarque sur la refraction du Cristal de Roche. J'ay voulu raporter ces particularitez pour faire connoitre depuis quand j'ay medité les cho-

ſes que je publie maintenant, & non pas pour deroger au merite de ceux, qui, ſans avoir rien vû de ce que j'avois eſcrit, peuvent s'eſtre rencontrez à traiter des matieres ſemblables : comme il eſt arrivé effectivement à deux Excellents Geometres, Meſſieurs Newton & Leibnits, à l'egard du Probleme de la figure des verres pour aſſembler les rayons, lors qu'une des ſurfaces eſt donnée.

On pourra demander pourquoy j'ay tant tardé à mettre au jour cet Ouvrage. La raiſon eſt que je l'avois eſcrit aſſez negligemment en la Langue où on le voit, avec intention de le traduire en Latin, faiſant ainſi pour avoir plus d'attention aux choſes. Apres quoy je me propoſois de le donner enſemble avec un autre Traité de Dioptrique, ou j'explique les effets des Teleſcopes, & ce qui apartient de plus à cette Science. Mais le plaiſir de la nouveauté ayant ceſſé, j'ay differé de temps à autre d'executer ce deſſein, & je ne ſçay pas quand j'aurois encore pû en venir à bout, eſtant ſouvent diverti, ou par des affaires, ou par quelque nouvelle étude. Ce que conſiderant, j'ay en fin jugé qu'il valoit mieux de faire paroitre cet eſcrit tel qu'il eſt, que de le laiſſer courir riſque, en attendant plus long temps, de demeurer perdu.

On y verra de ces ſortes de demonſtrations, qui ne

ne produiſent pas une certitude auſſi grande que celles de Geometrie, & qui meſme en different beaucoup, puiſque au lieu que les Geometres prouvent leurs Propoſitions par des Principes certains & inconteſtables, icy les Principes ſe verifient par les concluſions qu'on en tire ; la nature de ces choſes ne ſouffrant pas que cela ſe faſſe autrement. Il eſt poſſible toutefois d'y arriver à un degré de vraiſemblance, qui bien ſouvent ne cede guere à une evidence entiere. Sçavoir lors que les choſes, qu'on a demontrées par ces Principes ſuppoſez, ſe raportent parfaitement aux phenomenes que l'experience a fait remarquer ; ſur tout quand il y en a grand nombre, & encore principalement quand on ſe forme & prevoit des phenomenes nouveaux, qui doivent ſuivre des hypotheſes qu'on employe, & qu'on trouve qu'en cela l'effet repond à noſtre attente. Que ſi toutes ces preuves de la vraiſemblance ſe rencontrent dans ce que je me ſuis propoſé de traiter, comme il me ſemble qu'elles font, ce doit eſtre une bien grande confirmation du ſuccês de ma recherche, & il ſe peut malaiſement que les choſes ne ſoient à peu pres comme je les repreſente. Je veux donc croire que ceux qui aiment à connoitre les Cauſes, & qui ſçavent admirer la merveille de la Lumiere, trouveront quelque ſatisfaction dans ces diverſes ſpeculations qui

la regardent, & dans la nouvelle explication de son insigne proprieté, qui fait le principal fondement de la construction de nos yeux, & de ces grandes inventions qui en étendent si fort l'usage. J'espere aussi qu'il y en aura, qui en suivant ces commencements, penetreront plus avant toute cette matiere que je n'ay sçû faire, puisqu'il s'en faut beaucoup qu'elle ne soit epuisée. Cela paroit par les endroits que jay marquez, où je laisse des difficultez sans les resoudre; & encore plus par les choses que je n'ay point touchées du tout, comme sont les Corps Luisants de plusieurs sortes, & tout ce qui regarde les Couleurs; en quoy personne jusqu'icy ne peut se vanter d'avoir reussi. Enfin il reste bien plus à chercher touchant la nature de la Lumiere, que je ne pretens d'en avoir decouvert, & je devray beaucoup de retour à celuy qui pourra suppleër à ce qui me manque icy de connoissance. A la Haye. Le 8 Jan. 1690.

TA-

TABLE DES MATIERES
Contenues dans ce Traité.

CHAP. I. Des rayons directement étendus.

Que la Lumiere eſt produite par certain mouvement. Pag. 2.
Qu'il ne paſſe point de corps depuis l'object lumineux juſqu'à nos yeux. p. 3.
Que la Lumiere s'etend ſpheriquement, & à peu pres comme le Son. p. 4.
Si la Lumiere emploie du temps à s'etendre. p. 4.
Experience qui ſemble prouver qu'elle paſſe dans un inſtant. p. 5.
Experience qui prouve qu'elle emploie du temps. p. 7.
De combien ſa viteſſe eſt plus grande que celle du Son. p. 9.
En quoy l'emanation de la Lumiere differe de celle du Son. p. 9.
Que ce n'eſt pas le meſme milieu qui ſert à l'un & à l'autre. p. 10.
Comment s'etend le Son. p. 11.
Comment s'etend la Lumiere. p. 12.
Remarque particuliere ſur l'extenſion de la Lumiere. p. 17.
Pourquoy les Rayons ne s'etendent qu'en ligne droite. p. 19.
Comment la Lumiere, venant de divers endroits, ſe traverſe ſans empeſchement. p. 20.

CHAP. II. De la Reflexion.

Demonſtration de l'Egalité des angles d'incidence & de reflexion. p. 21.
Pourquoy le rayon incident & reflechi ſont dans un meſme plan, perpendiculaire à la ſurface reflechiſſante. p. 24.
Qu'il n'eſt pas neceſſaire que la ſurface reflechiſſante ſoit parfaitement unie, pour faire l'egalité des angles d'incidence & de reflexion. p. 25.

CHAP. III. De la Refraction.

Que les corps pourroient eſtre tranſparents ſans qu'aucune matiere y paſſe à travers. p. 27.
Preuve de ce que la matiere etherée paſſe à travers les corps diaphanes. p. 28.
Comment cette matiere qui y paſſe les rend diaphanes. p. 29.
Que les corps les plus ſolides en apparence ſont d'un tiſſu fort rare. p. 29.
Que la Lumiere s'etend plus lentement au dedans de l'eau, & du verre, que dans l'air. p. 30.
Troiſieme hypotheſe pour expliquer la tranſparence, & le ralentiſſement qu'y ſouffre la Lumiere. p. 30.
De ce qui peut rendre les corps opaques. p. 31.
Demonſtration pourquoy la Refraction obſerve la proportion connuë des Sinus. p. 33.
Pourquoy le Rayon incident & le rompu ſe produiſent reciproquement. p. 36.
Pourquoy la Reflexion, au dedans d'un Priſme de verre triangulaire, ſe renforce ſubitement, depuis que la Lumiere ne peut plus le percer. p. 38.
Que les corps qui cauſent plus grande refraction, font auſſi la reflexion plus forte: p. 39.
Demonſtration d'un Theoreme de Mr. de Fermat. p. 40.

CHAP. IV. De la Refraction de l'Air.

Que les emanations de la Lumiere dans l'air ne ſont pas ſpheriques. p. 43.
Comment par la quelques objets paroiſſent plus elevez qu'ils ne ſont. p. 44.
Comment le Soleil peut paroiſtre ſur l'Horizon, devant qu'il ſoit levé. p. 45.
Que les rayons de la Lumiere deviennent courbes dans l'Air de l'Atmoſphere, & quels effets cela produit. p. 46.

CHAP.

CHAP. V. De l'Etrange Refraction du Criſtal d'Iſlande.

Que ce Criſtal croit auſſi en d'autres païs. p. 49.
Qui en a eſcrit le premier. p. 49.
Deſcription du Criſtal d'Iſlande; ſa matiere, figure, & proprietez. p. 49.
Qu'il a deux refractions differentes. p. 51.
Que le rayon perpendiculaire à la ſurface y ſouffre refraction, & que des rayons inclinez à la ſurface paſſent ſans refraction. p. 51.
Obſervation des refractions de ce Criſtal. p. 52.
Qu'il a une refraction Reguliere & une Irreguliere. p. 54.
La maniere de meſurer les deux refractions du Criſtal d'Iſlande. p. 54.
Proprietez remarquable de la refraction Irreguliere. p. 57.
Hypotheſe pour expliquer la double refraction. p. 58.
Que le Criſtal de Roche a auſſi une double Refraction. p. 59.
Hypotheſe des emanations de la Lumiere, au dedans du Criſtal d'Iſlande de forme ſpheroïde, pour la refraction Irreguliere. p. 60.
Comment un rayon perpendiculaire peut ſouffrir refraction. p. 60.
Comment la poſition & la forme des emanations ſpheroïdes dans ce Criſtal peut eſtre definie. p. 62. & 63.
Explication de la refraction Irreguliere par ces emanations ſpheroïdes. p. 63.
Maniere aiſée pour trouver la refraction Irreguliere de chaque rayon incident. p. 66.
Demonſtration du rayon oblique, qui paſſe le Criſtal ſans eſtre rompu. p. 69.
Autres irregularitez de refraction expliquées. p. 74.
Qu'un objet poſé ſous le Criſtal paroit double, dans deux images de differente hauteur. p. 77.
Pourquoy les hauteurs apparentes de l'une de ces images changent en changeant la ſituation des yeux au deſſus du Criſtal. p. 78 & ſuivantes.
Des Coupes differentes de ce Criſtal, qui produiſent encore d'autres refractions, & confirment toute cette Theorie. p. 85.
Maniere particuliere d'en polir les ſurfaces, apres qu'il a eſté coupé. p. 88.
Phenomene ſurprenant touchant les rayons qui paſſent par deux morceaux ſeparez, du quel la cauſe n'eſt point expliquée. p. 89.
Conjecture vraiſemblable ſur la compoſition interieure du Criſtal d'Iſlande, & de quelle figure ſont ſes particules. p. 91.
Preuves pour confirmer cette conjecture. p. 94.
Calculs qui ont eſté ſuppoſez dans ce Chapitre. p. 96.

CHAP. VI. Des Figures des corps diaphanes qui ſervent à la Refraction & à la Reflexion.

Regle generale & aiſée pour trouver ces Figures. p. 102.
Invention des Ovalés de Mr. des Cartes pour la Dioptrique p. 103.
Comment il a pû trouver ces Lignes. p. 110.
Maniere de trouver la ſurface d'un verre pour la refraction parfaite, lors que l'autre ſurface eſt donnée. p. 113.
Remarque ſur ce qui arrive aux rayons dans la refraction d'une ſurface ſpherique. p. 118.
Remarque ſur la ligne courbe qui ſe forme dans la reflexion d'un miroir concave ſpherique. p. 123.

TRAI-

TRAITE'
DE LA LUMIERE.

CHAP. I.

DES RAYONS DIRECTEMENT ETENDUS.

LEs demonſtrations qui concernent l'Optique, ainſi qu'il arrive dans toutes les ſciences où la Geometrie eſt appliquée à la matiere, ſont fondées ſur des veritez tirées de l'experience; telles que ſont que les rayons de lumiere s'etendent en droite ligne; que les angles de reflexion & d'incidence ſont egaux: & que dans les refractions le rayon eſt rompu ſuivant la regle des Sinus, deſormais ſi connue, & qui n'eſt pas moins certaine que les precedentes.

La pluspart de ceux qui ont écrit touchant les differentes parties de l'Optique ſe ſont contentés de preſuppoſer ces veritez. Mais quelques uns plus curieux en ont voulu rechercher l'origine, & les cauſes, les conſiderant elles meſmes comme des effets admirables de la Nature. En quoy ayant avancé des choſes ingenieuſes, mais non pas telles pourtant que les plus intelligens ne ſouhaittent des explications qui leur ſatisfaſſent d'avantage; je veux propoſer icy ce que j'ay medité ſur ce ſujet, pour contribuer autant que je puis à l'éclairciſſement de cette partie de la Science naturelle, qui non ſans raiſon en eſt reputée une des plus difficiles. Je reconnois eſtre beaucoup redevable à ceux qui ont commencé les premiers à diſſiper l'obſcurité eſtrange ou ces

choſes eſtoient enveloppées, & à donner eſperance qu'elles ſe pouvoient expliquer par des raiſons intelligibles. Mais je m'étonne auſſi d'un autre coſté comment ceux là meſme, bien ſouvent ont voulu faire paſſer des raiſonnements peu evidents, comme tres certains & demonſtratifs : ne trouvant pas que perſonne ait encore expliqué probablement ces premiers, & notables phenomenes de la lumiere, ſçavoir pourquoy elle ne s'étend que ſuivant des lignes droites, & comment les rayons viſuels, venant d'une infinité de divers endroits, ſe croiſent ſans s'empêcher en rien les uns les autres.

J'eſſaieray donc dans ce livre, par des principes receus dans la Philoſophie d'aujourd'huy, de donner des raiſons plus claires & plus vraiſemblables, premierement de ces proprietés de la lumiere directement eſtenduë; ſecondement de celle qui ſe reflechit par la rencontre d'autres corps. Puis j'expliqueray les ſymptomes des rayons qui ſont dits ſouffrir refraction en paſſant par des corps diaphanes de differente eſpece: où je traiteray auſſi des effets de la refraction de l'air par les differentes denſitez de l'Atmoſphere.

Enſuite j'examineray les cauſes de l'étrange refraction de certain Criſtal qu'on apporte d'Iſlande. Et en dernier lieu je traiteray des differentes figures des corps tranſparents, & reflechiſſants, par leſquelles les rayons ſont aſſemblez en un point, ou detournez en differentes manieres. Où l'on verra avec quelle facilité ſe trouvent, ſuivant noſtre Theorie nouvelle, non ſeulement les Ellipſes, Hyperboles, & autres lignes courbes que M^r. Des Cartes a ſubtilement inventeés pour cet effet; mais encore celles qui doivent former la ſurface d'un verre, lorſque l'autre ſurface eſt donnée, ſpherique, platte, ou de quelque figure que ce puiſſe eſtre.

L'on ne ſçauroit douter que la lumiere ne conſiſte dans le mouvement de certaine matiere. Car ſoit qu'on regarde ſa pro-

du-

duction, on trouve qu'icy sur la Terre c'est principalement le feu & la flamme qui l'engendrent, lesquels contienent sans doute des corps qui sont dans un mouvement rapide, puis qu'ils dissolvent & fondent plusieurs autres corps des plus solides: soit qu'on regarde ses effets, on voit que quand la lumiere est ramassée, comme par des miroirs concaves, elle a la vertu de brûler comme le feu, c'est-à-dire qu'elle desunit les parties des corps; ce qui marque assurément du mouvement, au moins dans la vraye Philosophie, dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de mechanique. Ce qu'il faut faire à mon avis, ou bien renoncer à toute esperance de jamais rien comprendre dans la Physique.

Et comme, suivant cette Philosophie, l'on tient pour certain que la sensation de la veuë n'est excitée que par l'impression de quelque mouvement d'une matiere qui agit sur les nerfs au fond de nos yeux, c'est encore une raison de croire que la lumiere consiste dans un mouvement de la matiere qui se trouve entre nous & le corps lumineux.

De plus quand on considere l'extreme viteſſe dont la lumiere s'étend de toutes parts, & que quand il en vient de differents endroits, meſme de tout oppoſez, elles ſe traverſent l'une l'autre ſans s'empeſcher; on comprend bien que quand nous voyons un objet lumineux, ce ne ſçauroit eſtre par le tranſport d'une matiere, qui depuis cet objet s'en vient juſqu'à nous, ainſi qu'une bale ou une fleche traverſe l'air: car aſſurément cela repugne trop à ces deux qualités de la lumiere, & ſur tout à la derniere. C'eſt donc d'une autre maniere qu'elle s'étend, & ce qui nous peut conduire à la comprendre c'eſt la connoiſſance que nous avons de l'extenſion du Son dans l'air.

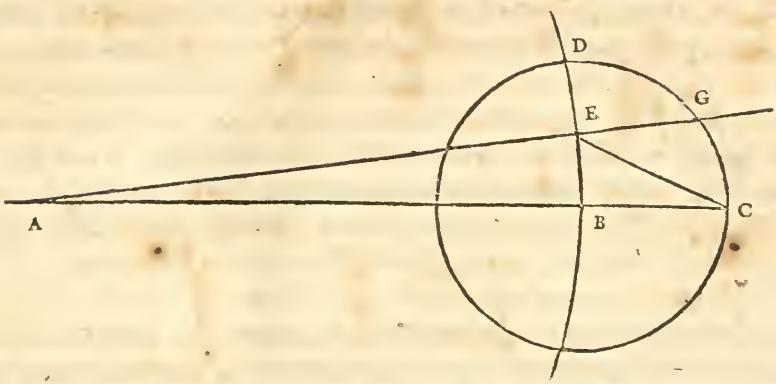
Nous ſçavons que par le moyen de l'air, qui eſt un corps inviſible & impalpable, le Son s'étend tout à l'entour du lieu où il a eſté produit, par un mouvement qui paſſe ſucceſſivement

d'une partie de l'air à l'autre, & que l'extenſion de ce mouvement ſe faiſant egalement viſte de tous coſtez, il ſe doit former comme des ſurfaces ſpheriques, qui s'elargiſſent tousjours, & qui viennent frapper noſtre oreille. Or il n'y a point de doute que la lumiere ne parvienne auſſi depuis le corps lumineux juſqu'à nous par quelque mouvement imprimé à la matiere qui eſt entre deux : puiſque nous avons deja veu que ce ne peut pas eſtre par le tranſport d'un corps qui paſſeroit de l'un à l'autre. Que ſi avec cela la lumiere employe du temps à ſon paſſage ; ce que nous allons examiner maintenant ; il s'enſuivra que ce mouvement imprimé à la matiere eſt ſucceſſif, & que par conſequent il s'etend, ainſi que celui du Son, par des ſurfaces & des ondes ſpheriques : car je les appelle ondes à la reſſemblances de celles que l'on voit ſe former dans l'eau quand on y jette une pierre, qui repreſentent une telle extenſion ſucceſſive en rond, quoyque provenant d'une autre cauſe, & ſeulement dans une ſurface plane.

Pour voir donc ſi l'extenſion de la lumiere ſe fait avec le temps, conſiderons premierement s'il y a des experiences qui nous puiſſent convaincre du contraire. Quant à celles que l'on peut faire icy ſur la Terre, avec des feux mis à de grandes diſtances, quoyqu'elles prouvent que la lumiere n'employe point de temps ſenſible à paſſer ces diſtances, on peut dire avec raiſon qu'elles ſont trop petites, & qu'on n'en peut conclurre ſinon que le paſſage de la lumiere eſt extremement viſte. Mr. Des Cartes qui eſtoit d'opinion qu'il eſt inſtantanée, ſe fondoit, non ſans raiſon, ſur une bien meilleure experience tirée des Eclipſes de Lune : laquelle pourtant, comme je feray voir, n'eſt point convaincante. Je la propoſeray un peu autrement que luy, pour en faire mieux comprendre toute la conſequence.

Soit A le lieu du ſoleil, B D une partie de l'orbite ou chemin

min annuel de la Terre. A B C une ligne droite, que je ſup-



poſe rencontrer le chemin de la Lune, repreſenté par le cercle C D, en C.

Or ſi la lumiere demande du temps, par exemple une heure, pour traverſer l'eſpace qui eſt entre la Terre & la Lune; il s'enſuivra que la Terre eſtant parvenue en B, l'ombre qu'elle cauſe, ou l'interruption de la lumiere, ne ſera pas encore parvenue au point C, mais qu'elle n'y arrivera qu'une heure aprés. Ce ſera donc une heure aprés, à compter depuis que la Terre a eſté en B, que la Lune arrivant en C, y ſera obſcurcie: mais cette obſcuration ou interruption de lumiere ne parviendra à la Terre que dans une autre heure. Poſons que dans ces deux heures elle ſoit parvenue en E. La terre donc eſtant en E, verra la Lune Eclipſée en C, dont elle eſt partie une heure auparavant, & verra en meſme temps le ſoleil en A. Car eſtant immobile, comme je le ſuppoſe avec Copernic, & la lumiere s'eſtendant par des lignes droites, il doit tousjours paroitre où il eſt. Mais on a tousjours obſervé, diſent-ils, que la Lune eclipſée paroit au lieu de l'Ecliptique oppoſé au Soleil; & cependant icy elle paroitroit en arriere de ce lieu, de l'angle G E C, complement de A E C à deux angles droits. Donc cela eſt contraire à

l'experience, puiſque l'angle G E C ſeroit fort ſenſible, & environ de 33 degrez. Car ſelon noſtre ſupputation, qui eſt au Traitté des cauſes des phenomenes de Saturne, la diſtance B A entre la Terre & le Soleil eſt environ de douze mille diametres terreſtres, & partant quatre cens fois plus grande que B C diſtance de la Lune, qui eſt de 30 diametres. Donc l'angle E C B ſera à peu prés quatre cens fois plus grand que B A E, qui eſt de cinq minutes; ſçavoir le chemin que fait la Terre en deux heures dans ſon orbite; & ainſi l'angle B C E preſque de 33 degrez; & de meſme l'angle C E G, qui le ſurpaſſe de cinq minutes.

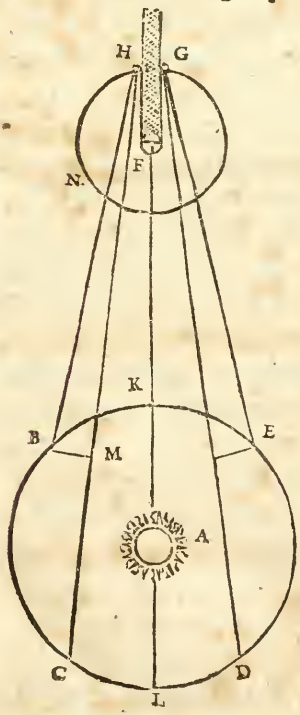
Mais il faut noter que la viteſſe de la lumiere dans ce raiſonnement a eſté poſée telle qu'il luy faut une heure de temps pour faire le chemin d'icy à la Lune. Que ſi l'on ſuppoſe qu'il ne faut pour cela qu'une minute de temps, alors il eſt manifeſte que l'angle C E G ne ſera que de 33 minutes, & s'il ne faut que dix ſecondes de temps, cet angle ne ſera pas de ſix minutes. Et alors il n'eſt pas aiſé de s'en apercevoir dans les obſervations d'Eclipſe, ni par conſequent permis d'en rien conclure pour le mouvement inſtantanée de la lumiere.

Il eſt vray que c'eſt ſuppoſer une eſtrange viteſſe qui ſeroit cent mille fois plus grande que celle du Son. Car le Son, ſelon ce que j'ay obſervé, fait environ 180 Toiſes dans le temps d'une Seconde ou d'un battement d'artere. Mais cette ſuppoſition ne doit pas ſembler avoir rien d'impoſſible; parce qu'il ne s'agit point du tranſport d'un corps avec tant de viteſſe, mais d'un mouvement ſucceſſif qui paſſe des uns aux autres. Je n'ay donc pas fait difficulté, en meditant ces choſes, de ſuppoſer que l'emanation de la lumiere ſe faiſoit avec le temps, voyant que par là tous ſes phenomenes ſe pouvoient expliquer, & qu'en ſuivant l'opinion contraire tout eſtoit incomprehenſible. Car il m'a tousjours ſemblé, & à beaucoup d'autres avec moy, que meſme M^r. Des Cartes, qui a eu pour but de traitter intelligible-

ment

ment de tous les sujets de Physique, & qui assurément y a beaucoup mieux reussi que personne devant luy, n'a rien dit qui ne soit plein de difficultez, ou mesme inconcevable, en ce qui est de la Lumiere & de ses proprietez.

Mais ce que je n'employois que comme une hypothese, a receu depuis peu grande apparence d'une verité constante, par l'ingenieuse demonstration de Mr. Romer que je vay rapporter icy, en attendant qu'il donne luy mesme tout ce qui doit servir à la confirmer. Elle est fondeé de mesme que la precedente sur des observations celestes, & prouve non seulement que la lumiere employe du temps à son passage, mais aussi fait voir combien elle employe de temps, & que sa viteſſe est encore pour le moins six fois plus grande que celle que je viens de dire.



Il se sert pour cela des Eclipses que souffrent les petites Planetes qui tournent autour de Jupiter, & qui entrent souvent dans son ombre; & voicy quel est son raisonnement. Soit A le soleil, B C D E l'orbe annuel de la Terre, F Jupiter, G N l'orbite du plus proche de ses Satellites, car c'est cetuy cy qui est plus propre à cette recherche qu'aucun des trois autres, à cause de la viteſſe de sa revolution. Que G soit ce Satellite entrant dans l'ombre de Jupiter, H le mesme sortant de l'ombre.

Supposé donc que la Terre estant en B, quelque temps devant la derniere quadrature, l'on ait veu sortir ledit Satellite de l'ombre; il faudroit, si la Terre demeuroit en ce mesme lieu, qu'apres 42 heures & demie

demie l'on viſt encore une pareille emerſion ; par ce que c'eſt le temps dans lequel il fait le tour de ſon orbite, & qu'il revient à l'oppoſition du Soleil. Et ſi la Terre demeuroit tousjours en B pendant 30 revolutions, par exemple, de ce Satellite, elle le verroit encore ſortir de l'ombre apres 30 fois 42 heures & demie. Mais la Terre s'eſtant tranſportée pendant ce temps en C, en s'éloignant d'avantage de Jupiter, il ſenſuit que ſi la lumiere employe du temps à ſon paſſage, l'illumination de la petite planete ſera aperceuë plus tard en C qu'elle ne l'auroit eſté en B, & qu'il faut adjouter, à ce temps de 30 fois 42 heures & demie, encore celuy qu'emploie la lumiere à paſſer l'eſpace M C, difference des eſpaces C H, B H. De meſme vers l'autre quadrature quand la Terre depuis D eſt venue en E, en s'approchant de Jupiter, les immerſions du Satellite G dans l'ombre doivent s'obſerver auparavant en E, qu'elles n'auroient paru ſi la Terre eſtoit demeurée en D.

Or par quantité d'obſervations de ces Eclipſes, faites pendant dix ans conſecutifs, ces differences ſe ſont trouvées tres conſiderables, comme de dix minutes, & d'avantage, & l'on en a conclu que pour traverſer tout le diametre de l'orbe annuel K L, qui eſt le double de la diſtance d'icy au ſoleil, la lumiere a beſoin d'environ 22 minutes de temps.

Le mouvement de Jupiter dans ſon orbite, pendant que la Terre paſſe de B en C, ou de D en E, eſt compris dans ce calcul ; & l'on fait voir qu'on ne peut point attribuer le retardement de ces illuminations, ni l'anticipation des Eclipſes à l'irregularité qui ſe trouve au mouvement de cette petite planete, ni à ſon excentricité.

Que ſi l'on conſidere la vaſte étendue du diametre K L, qui ſelon moy eſt de quelques 24 mille diametres de la Terre, l'on connoitra l'extreme viteſſe de la lumiere. Car ſuppoſé que K L ne ſoit que de 22 mille de ces diametres, il paroit qu'eſtants

ſtans paſſez en 22 minutes, cela fait mille diametres en une minute, & 16 $\frac{2}{3}$ diametres dans une ſeconde ou battement d'artere, qui font plus de onze cent fois cent mille toiſes ; puiſque le diametre de la Terre contient 2865 lieuës de 25 au degré, & que chaque lieuë eſt de 2282 Toiſes, ſuivant la meſure exacte que M^r. Picard a priſe par ordre du Roy en 1669. Mais le Son, comme j'ay dit cy-devant, ne fait que 180 toiſes dans le meſme temps d'une ſeconde: donc la viteſſe de la lumiere eſt plus de ſix cens mille fois plus grande que celle du Son: ce qui pourtant eſt toute autre choſe que d'eſtre momentanée, puis qu'il y a la meſme difference que d'une choſe finie à une infinie. Or le mouvement ſucceſſif de la lumiere eſtant confirmé de cette maniere, il s'enſuit, comme j'ay deja dit, qu'il s'etend par des ondes ſpheriques, ainſi que le mouvement du Son.

Mais ſi l'un & l'autre ſe reſſemblent en cela, ils different en pluſieurs autres choſes ; ſçavoir en la premiere production du mouvement qui les cauſe ; en la matiere dans laquelle ſe mouvement s'etend ; & en la maniere dont il ſe communique. Car pour ce qui eſt de la production du Son, on ſçait que c'eſt par l'ébranlement ſubit d'un corps entier, ou d'une partie conſiderable, qui agite tout l'air contigu. Mais le mouvement de la lumiere doit naitre comme de chaque point de l'objet lumineux, pour pouvoir faire apercevoir toutes les parties differentes de cet objet, comme il ſe verra mieux dans la ſuite. Et je ne crois pas que ce mouvement ſe puiſſe mieux expliquer, qu'en ſuppoſant ceux d'entre les corps lumineux qui ſont liquides, comme la flame, & apparemment le ſoleil, & les étoilles, compoſez de particules qui nagent dans une matiere beaucoup plus ſubtile, qui les agite avec une grande rapidité, & les fait frapper contre les particules de l'ether, qui les environnent, & qui ſont beaucoup moindres qu'elles. Mais que dans les lumineux ſolides comme du charbon, ou du metail rougi au feu, ce meſme

mouvement eſt cauſé par l'ebranlement violent des particules du metail ou du bois, dont celles qui ſont à la ſurface frappent de meſme la matiere etherée. L'agitation au reſte des particules qui engendrent la lumiere doit eſtre bien plus prompte, & plus rapide que n'eſt celle des corps qui cauſe le ſon, puiſque nous ne voyons pas que le fremiſſement d'un corps qui ſonne eſt capable de faire naitre de la lumiere, de meſme que le mouvement de la main dans l'air n'eſt pas capable de produire du Son.

Maintenant ſi l'on examine quelle peut eſtre cette matiere dans laquelle s'etend le mouvement qui vient des corps lumineux, laquelle j'appelle Etherée, on verra que ce n'eſt pas la meſme qui ſert à la propagation du Son. Car on trouve que celle-cy eſt proprement cet air que nous ſentons, & que nous reſpirons, lequel eſtant oſté d'un lieu, l'autre matiere qui ſert à la lumiere ne laiſſe pas de s'y trouver. Ce qui ſe prouve en enfermant un corps ſonnant dans un vaiſſeau de verre, dont on tire en ſuite l'air par la machine que Mr. Boyle nous à donnée, & avec laquelle il à fait tant de belles experiences. Mais en faiſant celle dont je parle, il faut avoir ſoin de placer le corps ſonnant ſur du cotton, ou ſur des plumes, en ſorte qu'il ne puiſſe pas communiquer ſes tremblement au vaiſſeau de verre qui l'enferme, ni à la machine, ce qui avoit juſqu'icy eſté negligé. Car alors aprés avoir vuidé tout l'air, l'on n'entend aucunement le Son du metail quoique frappé.

On void d'icy non ſeulement que noſtre air, qui ne penetre point le verre, eſt la matiere par laquelle s'etend le Son; mais auſſi que ce n'eſt point ce meſme air, mais une autre matiere dans laquelle s'etend la lumiere; puiſque l'air eſtant oſté de ce vaiſſeau, la lumiere ne laiſſe pas de le traverſer comme auparavant.

Et ce dernier point ſe demonſtre encore plus clairement par la

la celebre experience de Torricelli ; où le tuyau de verre, d'où le vif argent s'eſt retiré, reſtant tout vuide d'air, tranſmet la lumiere de meſme que quand il y a de l'air : car cela prouve qu'une matiere differente de l'air ſe trouve dans ce tuyau, & que cette matiere doit avoir percé le verre, ou le vif argent, ou l'un & l'autre, qui ſont tous deux impenetrables à l'air. Et lorſque dans la meſme experience l'on fait le vuide en mettant un peu d'eau par deſſus le vif argent, l'on en conclud pareillement que ladite matiere paſſe à travers le verre, ou l'eau, ou à travers tous les deux.

Quant aux differentes manieres dont j'ay dit que ſe communiquent ſucceſſivement les mouvemens du Son, & de la lumiere, on peut aſſez comprendre comment cecy ſe paſſe en ce qui eſt du Son, quand on conſidere que l'air eſt de telle nature qu'il peut eſtre comprimé, & reduit à un eſpace beaucoup moindre qu'il n'occupe d'ordinaire ; & qu'à meſure qu'il eſt comprimé il fait effort à ſe remettre au large : car cela joint à ſa penetrabilité, qui luy demeure non obſtant ſa compreſſion, ſemble prouver qu'il eſt fait de petits corps qui nagent & qui ſont agitez fort viſte dans la matiere etherée, compoſée de parties bien plus petites. De ſorte que la cauſe de l'extenſion des ondes du Son, c'eſt l'effort que font ces petits corps, qui s'entrechoquent, à ſe remettre au large, lorſqu'ils ſont un peu plus ſerrez dans le circuit de ces ondes qu'ailleurs.

Mais l'extreme viteſſe de la lumiere, & d'autres proprietez qu'elle a, ne ſçauroient admettre une telle propagation de mouvement, & je vais monſtrer icy de quelle maniere je conçois qu'elle doit eſtre. Il faut expliquer pour cela la proprieté que gardent les corps durs à tranſmettre le mouvement les uns aux autres.

Lorſqu'on prend un nombre de boules d'égale groſſeur, faites de quelque matiere fort dure, & qu'on les range en ligne

droite, en ſorte qu'elles ſe touchent; l'on trouve, en frappant avec une boule pareille contre la premiere de ces boules, que le mouvement paſſe comme dans un inſtant juſqu'à la derniere, qui ſe ſepare de la rangée, ſans qu'on s'appercoive que les autres ſe ſoient re muées. Et meſme celle qui a frappé demeure immobile avec elles. Oú l'on voit un paſſage de mouvement d'une extreme viteſſe & qui eſt d'autant plus grande que la matiere des boules eſt d'une plus grande dureté.

Mais il eſt encore conſtant que ce progrez de mouvement n'eſt pas momentanée, mais ſucceſſif & qu'ainſi il y faut du temps. Car ſi le mouvement ou, ſi l'on veut, l'inclination au mouvement ne paſſoit pas ſucceſſivement par toutes ces boules, elles l'acquerroient toutes en meſme temps, & partant elles avanceroient toutes enſemble; ce qui n'arrive point: mais la derniere quitte toute la rangée, & acquiert la viteſſe de celle qu'on à pouſſée. Outre qu'il y a des experiences qui font voir que tous ces corps que nous comptons au rang des plus durs, comme l'acier trempé, le verre, & l'Agathe, font reſſort, & plient en quelque façon, non ſeulement quand ils ſont étendus en verges, mais auſſi quand ils ſont en forme de boules ou autrement. C'eſt à dire qu'ils rentrent quelque peu en eux meſmes à l'endroit où ils ſont frappés, & qu'ils ſe remettent auſſi toſt dans leur premiere figure. Car j'ay trouvé qu'en frappant avec une boule de verre, ou d'Agathe, contre un gros morceau & bien epais de meſme matiere, qui avoit la ſurface platte & tant ſoit peu ternie avec l'haleine ou autrement, il y reſtoit des marques rondes, plus ou moins grandes, ſelon que le coup avoit eſté fort ou foible. Ce qui fait voir que ces matieres obeïſſent à leur rencontre, & ſe reſtituent; à quoy il faut qu'elles emploient du temps.

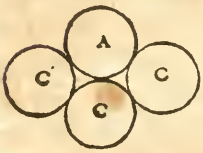
Or, pour appliquer cette ſorte de mouvement à celuy qui produit la lumiere, rien n'empêche que nous n'eſtimions les particules

ticules de l'ether eſtre d'une matiere ſi approchante de la dureté parfaite & d'un reſſort ſi prompt que nous voulons. Il n'eſt pas neceſſaire pour cela d'examiner icy la cauſe de cette dureté, ny de celle du reſſort, dont la conſideration nous meneroit trop loin de noſtre ſujet. Je diray pourtant en paſſant qu'on peut concevoir que ces particules de l'ether, non obſtant leur petiteſſe, ſont encore compoſées d'autres parties, & que leur reſſort conſiſte dans le mouuement tres-rapide d'une matiere ſubtile, qui les traverſe de tous coſtez, & contraint leur tiſſu à ſe diſpoſer en ſorte, qu'il donne un paſſage à cette matiere fluide le plus ouvert, & le plus facile qui ſe puiſſe. Ce qui s'accorde avec la raiſon que M^r. Des Cartes donne du reſſort, ſinon que je ne ſuppoſe pas des pores en forme de canaux ronds, & creux, comme luy. Et il ne faut pas s'imaginer qu'il y ait rien d'abſurde en cecy ny d'impoſſible; eſtant au contraire fort croyable que c'eſt ce progrez infini de differentes groſſeurs de corpuſcules, & les differens degrez de leur viteſſe, dont la Nature ſe ſert à operer tant de merveilleux effets.

Mais quand nous ignorerions la vraye cauſe du reſſort, nous voyons tousjours qu'il y a beaucoup de corps qui ont cette proprieté; & ainſi il n'y a rien d'étrange de la ſuppoſer auſſi dans des petits corps inviſibles comme ceux de l'Ether. Que ſi l'on veut chercher quelqu'autre maniere dont le mouvement de la lumiere ſe communique ſucceſſivement, on n'en trouvera point qui conviene mieux que le reſſort avec la progreſſion égale, qui ſemble eſtre neceſſaire; parce que ſi ce mouvement ſe ralentiſſoit à meſure qu'il ſe partage entre plus de matiere, en s'éloignant de la ſource de la lumiere, elle ne pourroit pas conſerver cette grande viteſſe dans de grandes diſtances. Mais en ſuppoſant le reſſort dans la matiere etherée, ſes particules auront la proprieté de ſe reſtituer egalement viſte, ſoit qu'elles ſoient fortement ou foiblement pouſſées; & ainſi le progrez de la lu-

miere continuera tousjours avec une viſteſſe egale.

Et il faut ſçavoir que quoique les particules de l'ether ne ſoient pas rangées ainſi en lignes droites comme dans noſtre rangée de boules, mais confuſement, en ſorte qu'une en touche pluſieurs autres, cela n'empeſche pas qu'elles ne tranſportent leur mouvement, & qu'elles ne l'etendent tousjours en avant. En quoy il y a à remarquer une loy du mouvement qui ſert à cette propagation, & qui ſe verifie par l'experience. C'eſt que quand une boule, comme icy A, en touche pluſieurs autres pareilles C C C, ſi elle eſt frappée par une autre boule B, en ſorte qu'elle faſſe impreſſion ſur toutes les C C C qu'elle touche, elle leur tranſporte tout ſon mouvement, & demeure apres cela immobile, comme auſſi la boule B. Et ſans ſuppoſer que les particules etherées ſoient de forme ſpherique, (car je ne vois pas d'ailleurs qu'il ſoit beſoin de les ſuppoſer telles) l'on comprend bien que cette proprieté de l'impulſion ne laiſſe pas de contribuer à ladite propagation de mouvement.



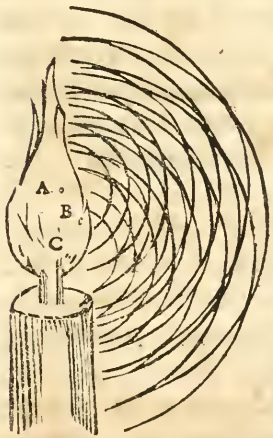
L'Egalité de grandeur ſemble y eſtre plus neceſſaire, parce qu'autrement il doit y avoir quelque reflexion de mouvement en arriere quand il paſſe d'une moindre particule à une plus grande, ſuivant les Regles de la Percuſſion que j'ay publiées il y a quelques années.

Cependant l'on verra cy aprés que nous n'avons pas tant beſoin de ſuppoſer cette egalité pour la propagation de la lumiere, que pour la rendre plus aiſée & plus forte; n'eſtant pas auſſi hors d'apparence que les particules de l'ether ayent eſté faites egales pour un ſi conſiderable effet que celuy de la lumiere, du moins dans cette vaſte étenduë qui eſt au de là de la region des vapeurs, qui ne ſemble ſervir qu'à tranſmettre

mettre la lumiere du Soleil & des Aſtres.

J'ay donc monſtré de quelle façon l'on peut concevoir que la lumiere s'etend ſucceſſivement par des ondes ſpheriques, & comment il eſt poſſible que cette extenſion ſe faſſe avec une auſſi grande viteſſe, que les experiences, & les obſervations celeſtes la demandent. Ou il faut encore remarquer que quoique les parties de l'ether ſoient ſuppoſées dans un continuel mouvement, (car il y a bien des raiſons pour cela) la propagation ſucceſſive des ondes n'en ſçauroit eſtre empeſchée, parce qu'elle ne conſiſte point dans le tranſport de ces parties, mais ſeulement dans un petit ebranlement, qu'elles ne peuvent s'empeſcher de communiquer à celles qui les environnent, non obſtant tout le mouvement qui les agite & fait changer de place entr'elles.

Mais il faut conſiderer encore plus particulierement l'origine de ces ondes, & la maniere dont elles s'eſtendent. Et premierement il s'enſuit de ce qui à eſté dit dela production de la lumiere, que chaque petit endroit d'un corps lumineux, comme le Soleil, une chandelle, ou un charbon ardent, engendre ſes ondes, dont cet endroit eſt le centre. Ainſi dans la flame d'une chandelle, eſtans diſtinguez les points A, B, C; les cercles concentriques, decrits autour de chacun de ces points, repreſentent les ondes qui en provienent. Et il en faut concevoir de meſme autour de chaque point de la ſurface, & d'une partie du dedans de cette flame.



Mais comme les percuſſions au centre de ces ondes n'ont point de ſuite regleé, auſſi ne faut il pas s'imaginer que les ondes meſmes s'entreſuivent par des diſtances égales: & ſi ces diſtances paroiſſent telles dans cette figure, c'eſt plutoſt pour mar-

marquer le progrez d'une meſme onde en des temps egaux, que pour en repreſenter pluſieurs provenues d'un meſme centre.

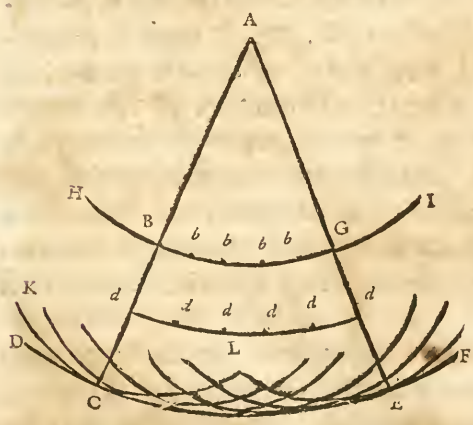
Il ne faut pas au reſte que cette prodigieuſe quantité d'ondes, qui ſe traverſent ſans confuſion, ny ſans s'effacer les unes les autres, ſemble inconcevable; eſtant certain qu'une meſme particule de matiere peut ſervir à pluſieurs ondes, venant de divers coſtez, ou meſme de coſtez contraires; non ſeulement ſi elle eſt pouſſeé par des coups qui s'entre-ſuivent prez à prez, mais meſme par ceux qui agiſſent ſur elle en meſme inſtant; & cela à cauſe du mouvement qui s'etend ſucceſſivement. Ce qui ſe peut prouver par la rangeé de boules égales, de matiere dure, dont il a eſté parlé cy deſſus; contre laquelle ſi l'on pouſſe en meſme temps des deux coſtez oppoſez des boules pareilles A & D, l'on verra rejaillir chacune avec la meſme viteſſe qu'elle avoit en allant, & toute la rangeé demeurer en ſa place; quoique le mouvement ait paſſé tout du long, & doublement. Et ſi ces mouvemens contraires viennent à ſe rencontrer à la boule du milieu B, ou à quelqu'autre comme C, elle doit plier & faire reſſort des deux coſtez, & ainſi ſervir en meſme inſtant à tranſmettre ces deux mouvemens.

Mais ce qui peut d'abord paroitre fort étrange & meſme incroiable, c'eſt que des ondulations produites par des mouvemens & des corpuſcules ſi petits, puiſſent s'étendre à des diſtances ſi immenſes, comme par exemple depuis le ſoleil, ou depuis les etoiles juſqu'à nous. Car la force de ces ondes doit s'afloiblir à meſure qu'elles s'ecartent de leur origine, de ſorte que l'action de chacune en particulier deviendra ſans doute incapable de ſe faire ſentir à noſtre veuë. Mais on ceſſera de s'étonner en conſiderant que dans une grande diſtance

du

du corps lumineux une infinité d'ondes, quoique issuës de points differens de ce corps, s'unissent en sorte que sensiblement elles ne composent qu'une onde seule, qui par consequent doit avoir assez de force pour se faire sentir. Ainsi ce nombre infini d'ondes qui naissent en mesme instant de tous les points d'une étoile fixe, grande peut estre comme le Soleil, ne font sensiblement qu'une seule onde, laquelle peut bien avoir assez de force pour faire impression sur nos yeux. Outre que de chaque point lumineux il peut venir plusieurs milliers d'ondes dans le moindre temps imaginable, par la frequente percussion des corpuscules, qui frappent l'Ether en ces points; ce qui contribuë encore à rendre leur action plus sensible.

Il y a encore à considerer dans l'émanation de ces ondes, que chaque particule de la matiere, dans laquelle une onde s'etend, ne doit pas communiquer son mouvement seulement à la particule prochaine, qui est dans la ligne droite tiré du point lumineux; mais qu'elle en donne aussi necessairement à toutes les autres qui la touchent, & qui s'opposent à son mouvement.



De sorte qu'il faut qu'autour de chaque particule il se fasse une onde dont cette particule soit le centre. Ainsi si D C F est une onde emaneé du point lumineux A, qui est son centre; la particule B, une de celles qui sont compriſes dans la sphere D C F, aura fait son onde particuliere K C L, qui touchera l'onde D C F en C, au mesme moment que l'onde principale, emanée du point A, est parve-

nuë en D C F ; & il eſt clair qu'il n'y aura que l'endroit C de l'onde K C L qui touchera l'onde D C F, ſçavoir celuy qui eſt dans la droite menée par A B. De meſme les autres particules compriſes dans la ſphere D C F, comme *b b*, *d d* &c. auront fait chacune ſon onde. Mais chacune de ces ondes ne peut eſtre qu'infiniment foible compareé à l'onde D C F, à la compoſition de laquelle toutes les autres contribuent par la partie de leur ſurface qui eſt la plus éloignée du centre A.

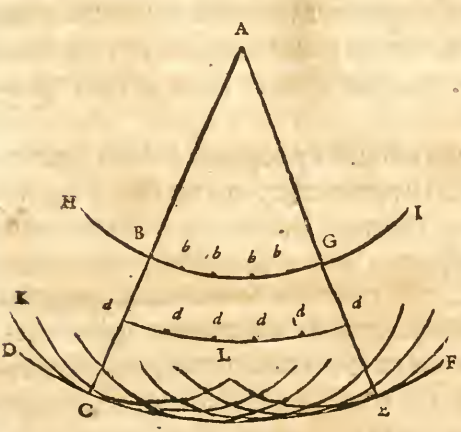
L'on voit de plus que l'onde D C F eſt determineé par l'extremité du mouvement, qui eſt ſorti du point A en certain eſpace de temps ; n'y ayant point de mouvement au de là de cette onde, quoy qu'il y en ait bien dans l'eſpace qu'elle enferme, ſçavoir dans les parties des ondes particulieres, leſquelles parties ne touchent point la ſphere D C F. Et tout cecy ne doit pas ſembler eſtre recherché avec trop de ſoin, ni de ſubtilité ; puiſque l'on verra dans la ſuite, que toutes les proprietez de la lumiere, & tout ce qui appartient à ſa reflexion & à ſa refraction, s'explique principalement par ce moyen. C'eſt ce qui n'a point eſté connu à ceux qui cy-devant ont commencé à conſiderer les ondes de lumiere, parmy leſquels ſont M^r. Hook dans ſa Micrographie ; & le P. Pardies. qui dans un traitté dont il me fit voir une partie, & qu'il ne pût achever eſtant mort peu de temps aprés, avoit entrepris de prouver par ces ondes les effets de la reflexion & de la refraction. Mais le principal fondement, qui conſiſte dans la remarque que je viens de faire, manquoit à ſes demonſtrations, & il avoit dans le reſte des opinions bien differentes des mienes, comme peut eſtre l'on verra quelque jour ſi ſon écrit s'eſt conſervé.

Pour venir aux proprietez de la lumiere ; remarquons premierement que chaque partie d'onde doit s'étendre en ſorte, que les extremitez ſoient touſjours compriſes entre les meſmes lignes droites tireés du point lumineux. Ainſi la partie d'onde

B G,

BG, ayant le point lumineux A pour centre, s'étendra en l'arc CE, terminé par les droites ABC, AGE. Car bien que les ondes particulieres, produites par les particules que comprend l'espace CAE, se repandent aussi hors de cet espace, toutesfois elles ne concourent point en mesme instant, à composer ensemble une onde qui termine le mouvement, que precisement dans la circonference CE, qui est leur tangente commune.

Et d'icy l'on voit la raison pourquoy la lumiere, à moins que ses rayons ne soient reflechis ou rompus, ne se repand que par des lignes droites, en sorte qu'elle n'éclaire aucun objet que quand le chemin depuis sa source jusqu'a cet objet est ouvert suivant de telles lignes. Car si, par exemple, il y avoit une ouverture BG, borneé par des corps opaques BH, GI; l'onde de lumiere qui sort du point A sera tousjours termineé par les droites AC, AE, comme il vient d'estre demonstré: les parties des ondes particulieres, qui s'étendent hors de l'espace ACE, estant trop foibles pour y produire de la lumiere.



Or quelque petite que nous fassions l'ouverture BG, la raison est tousjours la mesme pour y faire passer la lumiere entre des lignes droites; parce que cette ouverture est tousjours assez grande pour contenir un grand nombre de particules de la matiere etherée, qui sont d'une petitesse inconcevable; de sorte qu'il paroit que chaque petite partie d'onde s'avance necessairement suivant la ligne droite qui vient du point luisant. Et

c'eſt ainſi que l'on peut prendre des rayons de lumiere comme ſi c'eſtoient des lignes droites.

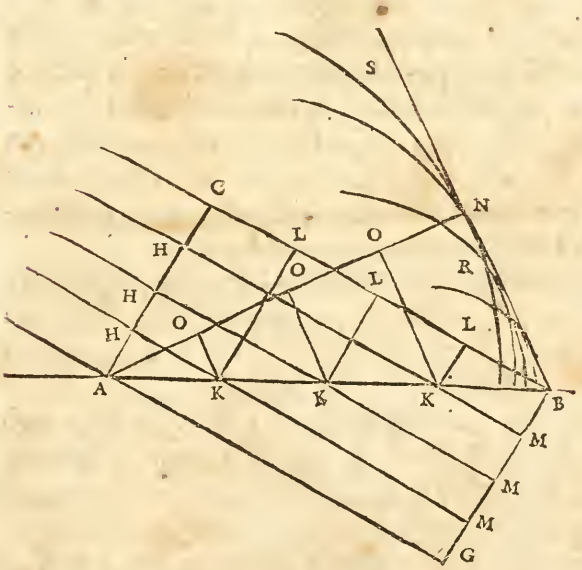
Il paroit au reſte, par ce qui à eſté remarqué touchant la foibleſſe des ondes particulieres, qu'il n'eſt pas neceſſaire que toutes les particules de l'Ether ſoient égales entre elles, quoique l'égalité ſoit plus propre à la propagation du mouvement. Car il eſt vray que l'inégalité fera qu'une particule, en pouſſant une autre plus grande, faſſe effort pour reculer avec une partie de ſon mouvement, mais il ne s'engendrera de cela que quelques ondes particulieres en arriere vers le point lumineux, incapables de faire de la lumiere: & non pas d'onde compoſeé de pluſieurs, comme eſtoit C E.

Une autre, & des plus merveilleuſes preprietez de la lumiere eſt que, quand il en vient de divers coſtez, ou meſme d'oppoſez, elles font leur effet l'une à travers l'autre ſans aucun empéchement. D'ou vient auſſi que par une meſme ouverture pluſieurs ſpectateurs peuvent voir tout à la fois des objets differens, & que deux perſonnes ſe voyent en meſme inſtant les yeux l'un de l'autre. Or ſuivant ce qui a eſté expliqué de l'action de la lumiere, & comment ſes ondes ne ſe détruiſent point, ny ne s'interrompent les unes les autres quand elles ſe croiſent, ces effets que je viens de dire ſont aiſez à concevoir. Qui ne le ſont nullement à mon avis ſelon l'opinion de Des-Cartes, qui fait conſiſter la lumiere dans une preſſion continuelle, qui ne fait que tendre au mouvement. Car cette preſſion ne pouvant agir tout à la fois des deux coſtez oppoſez, contre des corps qui n'ont aucune inclination à s'approcher; il eſt impoſſible de comprendre ce que je viens de dire de deux perſonnes qui ſe voyent les yeux mutuellement, ni comment deux flambeaux ſe puiſſent éclairer l'un l'autre.

CHA-

CHAPITRE II.
DE LA REFLEXION.

Ayant expliqué les effets des ondes de lumiere, qui s'étendent dans une matiere homogene, nous examinerons ensuite ce qui leur arrive en rencontrant d'autres corps. Nous ferons voir premierement comment par ces mesmes ondes s'explique la Reflexion de la lumiere, & pourquoy elle garde l'egalité des angles. Soit une surface plane & polie, de quelque metail, verre ou autre corps, A B, que d'abord je considereray comme parfaitement unie (me reservant à parler des inégalitez, dont elle ne peut estre exempte, à la fin de cette demonstration) & qu'une ligne A C, inclineé sur A B, represente une partie d'une onde de lumiere, dont le centre soit si loin que cette partie A C puisse estre considerée comme une ligne droite; parce que je considere tout cecy comme dans un seul plan, m'imaginant que le plan, ou est cette figure, coupe la sphere de l'onde par son centre, & le plan A B à angles droits; ce qu'il suffit d'avertir une fois pour toutes.



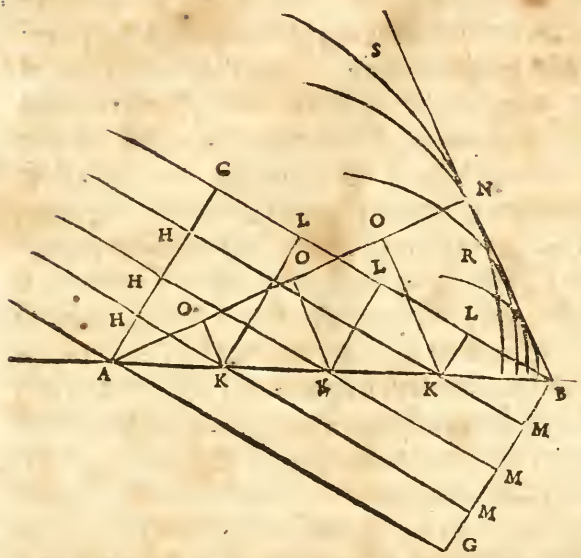
L'endroit c de l'onde A C, dans un certain eſpace de temps, ſera avancé juſqu'au plan A B en B, ſuivant la droite C B, que l'on doit s'imaginer venir du centre lumineux, & qui par conſequent eſt perpendiculaire à A C. Or dans ce meſme eſpace de temps, l'endroit A de la meſme onde, qui a eſté empeſché de communiquer ſon mouvement par de là le plan A B, ou du moins en partie, doit avoir continué ſon mouvement dans la matiere qui eſt au deſſus de ce plan, & cela dans une étenduë egale à C B; faiſant ſon onde ſpherique particuliere, ſuivant ce qui a eſté dit cy-deſſus. Laquelle onde eſt icy repreſenteé par la circonference S N R, dont le centre eſt A, & le demidiametre A N égal à C B.

Que ſi l'on conſidere en ſuite les autres endroits H de l'onde A C, il paroit qu'ils ne ſeront pas ſeulement arrivez à la ſurface A B par les droites H K paralleles à C B, mais que de plus ils auront engendré, des centres K, des ondes ſpheriques particulieres dans le diaphane, repreſenteés icy par des circonferences dont les demidiametres ſont égaux aux K M, c'eſt à dire aux continuations des H K juſques à la droite B G parallele à A C.

Mais toutes ces circonferences ont pour tangente commune la ligne droite B N, ſçavoir la meſme qui de B eſt faite tangente du premier de ces cercles, dont A eſtoit le centre, & A N le demidiametre égal à B C, comme il eſt aiſé de voir.

C'eſt donc la ligne B N (compriſe entre B & le point N, où tombe la perpendiculaire du point A,) qui eſt comme formeé par toutes ces circonferences, & qui termine le mouvement qui s'eſt fait par la reflexion de l'onde A C; & c'eſt auſſi où ce mouvement ſe trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs. C'eſt pourquoy, ſelon ce qui a eſté expliqué, B N eſt la propagation de l'onde A C dans le moment que ſon endroit C eſt arrivé en B. Car il n'y a point d'autre ligne qui comme B N ſoit tangente commune de tous leſdits cercles, ſi ce n'eſt B G, au deſſous du plan A B; laquelle B G ſeroit la propagation de l'onde ſi

le



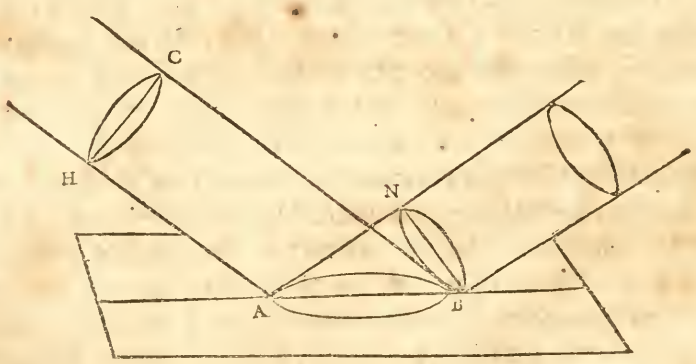
le mouvement s'eſtoit pû étendre dans une matiere homogene à celle qui eſt au deſſus du plan. Que ſi l'on veut voir comment l'onde A C eſt venue ſucceſſivement en B N, l'on n'a qu'a tirer dans la meſme figure les droites K O par alleles à B N, & les droites K L paralleles à A C. Ainſi l'on verra que l'onde A C de droite eſt devenue briſeé dans toutes les O K L ſucceſſivement, & qu'elle eſt redevenue droite en N B.

Or il paroit d'icy que l'angle de reflexion ſe fait egal à l'angle d'incidence. Car les triangles A C B, B N A eſtant rectangles, & ayant le coſté A B commun, & le coſté C B égal à N A, il s'enſuit que les angles oppoſez à ces coſtez ſeront égaux, & partant auſſi les angles C B A, N A B. Mais comme C B, perpendiculaire à C A, marque la direction du rayon incident, ainſi A N, perpendiculaire à l'onde B N, marque la direction du rayon reflechi; donc ces rayons ſont également inclinez ſur le plan A B.

Mais en conſiderant la demonſtration precedente, l'on pourroit dire qu'il eſt bien vray que B N eſt la tangente commune des ondes circulaires dans le plan de cette figure; mais que ces ondes, eſtant dans la verité ſpheriques, ont encore une infinité de pareilles tangentes, ſçavoir toutes les lignes droites qui du point B ſont

B ſont menées dans la ſurface du cone engendré par la droite B N autour de l'axe B A. Il reſte donc à monſtrer qu'il n'y à point de difficulté en cecy ; & par la meſme raiſon l'on verra pourquoy tousjours le rayon incident & le reflechi ſont dans un meſme plan perpendiculaire au plan reflechiſſant. Je dis donc que l'onde A C, n'eſtant conſidereé que comme une ligne, ne produit point de lumiere. Car un rayon viſible de lumiere, quelque mince qu'il ſoit, a tousjours quelque épaiſſeur ; & partant pour repreſenter l'onde dont le progrez fait ce rayon, il faut au lieu d'une ligne A C, mettre une figure plane, comme dans la figure ſuivante le cercle H C, en ſuppoſant, comme on a fait, le point lumineux infiniment éloigné. Or il eſt aiſé de voir, enſuite de la precedente demonſtration, que chaque petit endroit de cette onde H C, eſtant parvenu juſqu'au plan A B, & engendrant de là chacun ſon onde particuliere ; celles-cy auront toutes, lorſque C ſera arrivé en B, un commun plan qui les touchera, ſçavoir un cercle B N pareil à C H, & qui ſera coupé par le milieu, & à angles droits, par le meſme plan qui coupe ainſi le cercle C H & l'ellipſe A B.

L'on voit auſſi que les dites ſpheres des ondes particulieres ne



peuvent point avoir d'autre commun plan touchant que le cercle

cle B N; de sorte que ce sera ce plan ou il y aura beaucoup plus de mouvement reflechy que par tout ailleurs, & qui pour cela portera la lumiere continuée de l'onde C H.

J'ay dit aussi dans la demonstration precedente, que le mouvement de l'endroit A de l'onde incidente ne s'est pû communiquer au de là du plan A B, ou du moins pas entierement. Où il faut remarquer que, quoyque le mouvement de la matiere etherée se communiquast en partie à celle du corps reflechissant, cela ne peut alterer en rien la viteſſe du progrez des ondes, duquel depend l'angle de reflexion. Car une legere percussion doit engendrer des ondes aussi vîtes qu'une tres forte, dans une mesme matiere. Ce qui vient de la proprieté des corps qui font ressort; de laquelle nous avons encore parlé cy dessus; sçavoir que peu ou beaucoup pressez ils se restituent en des temps égaux. Partant dans toute reflexion de la lumiere, contre quelque corps que ce soit, les angles de reflexion & d'incidence doivent estre égaux; non-obstant que ce corps fust de telle nature qu'il ostast une partie du mouvement qui fait la lumiere incidente. Et l'experience monstre qu'en effet il n'y a aucun corps poli dont la reflexion ne suive cette regle.

Mais ce qu'il faut sur tout remarquer dans nostre demonstration, c'est qu'elle ne demande pas que la surface reflechissante soit considerée comme un plan uni; ainsi qu'ont supposé tous ceux qui ont taſché d'expliquer les effets de la reflexion; mais seulement d'une egalité telle que peuvent composer les particules de la matiere du corps reflechissant, mises les unes aupres des autres; lesquelles particules sont plus grandes que celles de la matiere etherée, comme il paroitra par ce que nous dirons en traitant dela transparence & de l'opacité des corps. Car la surface consistant ainsi en des particules mises ensemble, & les particules etherées estant par dessus, & plus petites, il est evident qu'on ne sçauroit demonstrer l'egalité des angles d'incidence,

& de reflexion par la reſſemblance de ce qui arrive à une balle pouſſée contre un mur, de laquelle on s'eſt tousjours ſervi. Au lieu que dans noſtre maniere la choſe s'explique ſans difficulté. Car la petiteſſe des particules du vif argent, par exemple, eſtant telle qu'il en faut concevoir des millions dans la moindre ſurface viſible propoſée, arrangées comme un amas de grains de ſable, qu'on auroit applani autant qu'il en eſt capable; cette ſurface alors devient égale comme un verre poli à noſtre égard; & quoiqu'elle demeure tousjours raboteuſe à l'egard des particules de l'Ether, il eſt evident que les centres de toutes les ſpheres particulieres de reflexion, dont nous avons parlé, ſont à peu prés dans un meſme plan uni, & qu'ainſi la commune tangente leur peut convenir aſſez parfaitement pour ce qu'il faut à la production de la lumiere. Et c'eſt ce qui ſeulement eſt requis, dans noſtre maniere de demonſtrer, pour faire l'égalité deſdits angles, ſans que le reſte du mouvement reflechi de toutes parts puiſſe produire aucun effet contraire.

CHAPITRE III.

DE LA REFRACTION.

DE meſme que les effets de la Reflexion ont eſté expliquez par les ondes de la lumiere reflechies à la ſurface des corps polis, nous expliquerons la tranſparence, & les phenomenes de la refraction, par les ondes qui s'étendent au dedans & au travers des corps diaphanes, tant ſolides, comme le verre, que liquides, comme l'eau les huiles &c. Mais afin qu'il ne paroiſſe pas eſtrange de ſuppoſer ce paſſage des ondes au dedans de ces corps, je feray voir auparavant qu'on peut le concevoir poſſible en plus d'une maniere.

Premierement donc quand la matiere etherée ne penetreroit aucu-

aucunement les corps transparens, leurs particules mesmes se pourroient communiquer successivement le mouvement des ondes, de mesme que celles de l'Ether; estant supposeés, comme celles cy, de nature à faire ressort. Et cela est aisé à concevoir pour ce qui est de l'eau, & des autres liqueurs transparentes, comme estant composeés de particules detachées. Mais il peut sembler plus difficile à l'egard du verre, & des autres corps transparens & durs; par ce que leur solidité ne semble pas permettre qu'ils puissent recevoir du mouvement que dans toute leur masse à la fois. Ce qui pourtant n'est pas necessaire, parce que cette solidité n'est pas telle qu'elle nous paroit; estant probable que ces cõrps sont plustost composez de particules, qui ne sont que posées les unes auprés des autres, & retenues ensemble par quelque pression de dehors d'une autre matiere, & par l'irregularité des figures. Car premierement leur rareté paroit par la facilité avec laquelle y passe la matiere des tourbillons de l'aimant, & celle qui cause la pesanteur. De plus l'on ne peut pas dire que ces corps soient d'un tissu semblable à celuy d'une éponge, ou du pain leger, parce que la chaleur du feu les fait couler, & change par là la situation des particules entre elles. Il reste donc que ce soient, comme il a esté dit, des assemblages de particules qui se touchent, sans composer un solide continu. ce qui estant ainsi, le mouvement que ces particules reçoivent pour continuer les ondes de lumiere, ne faisant que se communiquer des unes aux autres; sans qu'elles sortent pour cela de leur place, ou qu'elles se dérangent entr'elles; il peut fort bien faire son effet sans prejudicier en rien à la solidité du composé qui nous paroit.

Par la pression de dehors, dont j'ay parlé, il ne faut pas entendre celle de l'air, qui ne seroit pas suffisante, mais une autre d'une matiere plus subtile, laquelle pression se manifeste dans cette experience que le hazard m'a fait rencontrer il y a long-

temps ; ſçavoir de l'eau purgée d'air, qui demeure ſuſpenduë dans un tuyau de verre ouvert par le bout d'enbas, non-obſtant que l'air ſoit oſté du vaiſſeau où ce tuyau eſt enfermé.

L'on peut donc de cette maniere concevoir la tranſparence ſans qu'il ſoit beſoin que la matiere etherée, qui ſert à la lumiere, y paſſe, ny qu'elle trouve des pores pour s'y inſinuer. Mais la verité eſt que cette matiere non ſeulement y paſſe, mais meſme avec grande facilité; dequoy l'experience de Torricelli, deſſus alleguée, eſt deja une preuve. Par ce que le vif argent & l'eau, quitant la partie haute du tuyau de verre, il paroit qu'elle eſt remplie auſſi-toſt de la matiere etherée, puiſque la lumiere y paſſe. Mais voicy un autre argument qui prouve cette penetrabilité aiſeé, non ſeulement dans les corps tranſparens, mais auſſi dans tous les autres.

Lorſque la lumiere paſſe à travers d'une ſphere creuſe de verre, fermée de toutes parts, il eſt conſtant qu'elle eſt pleine de la matiere etherée, autant que les eſpaces au dehors de la ſphere. Et cette matiere etherée, comme il a eſté monſtré cy devant, conſiſte en des particules qui ſe touchent prez à prez. Si elle eſtoit donc tellement enfermée dans la ſphere qu'elle ne pûſt ſortir par les pores du verre, elle ſeroit obligée de ſuivre le mouvement de la ſphere lorſqu'on la fait changer de place: & il faudroit par conſequent la meſme force à peu pres pour imprimer une certaine viteſſe à cette ſphere, lorſqu'elle ſeroit poſée ſur un plan horizontal, que ſi elle eſtoit pleine d'eau ou peuteſtre de vif argent: parce que tout corps reſiſte à la viteſſe du mouvement, qu'on veut luy donner, ſelon la quantité de la matiere qu'il contient, & qui doit ſuivre ce mouvement. Mais on trouve au contraire que la ſphere ne reſiſte à l'impreſſion du mouvement que ſelon la quantité de la matiere du verre dont elle eſt faite: donc il faut que la matiere etherée, qui eſt dedans, ne ſoit point enfermeé, mais qu'elle coule à travers avec tres grande liberté.

Nous

Nous ferons voir cy apres que la meſme penetrabilité ſe conclud auſſi, par ce moyen, en ce qui eſt des corps opaques.

La ſeconde maniere donc d'expliquer la tranſparence, & qui paroit plus vrai-ſemblable, c'eſt en diſant que les ondes de lumiere ſe continuent dans la matiere etherée, qui occupe continuellement les interſtices, ou pores des corps tranſparens. Car puiſqu'elle y paſſe continuellement, & avec facilité, il s'enſuit qu'ils s'en trouvent tousjours remplis. Et l'on peut meſme demonſtrer que ces interſtices occupent beaucoup plus d'eſpace que les particules coherentes qui conſtituent les corps. Car s'il eſt vray ce que nous venons de dire, qu'il faut de la force pour imprimer certaine viteſſe horizontale aux corps, à proportion qu'ils contiennent de la matiere coherente; & ſi la proportion de cette force ſuit la raiſon des peſanteurs, ce qui ſe confirme par l'experience; donc la quantité de la matiere conſtituante des corps ſuit auſſi la proportion des peſanteurs. Or nous voyons que l'eau ne peſe que la quatorzieme partie autant qu'une portion egale de vif argent: donc la matiere de l'eau n'occupe pas la quatorzieme partie de l'eſpace que tient ſa maſſe. Meſme elle en doit occuper bien moins, puiſque le vif argent eſt moins peſant que l'or; & que la matiere de l'or eſt fort peu denſe: comme il s'enſuit de ce que la matiere des tourbillons de l'aimant, & de celle qui cauſe la peſanteur y paſſent tres librement.

Mais on peut objecter icy que, ſi le corps de l'eau eſt d'une ſi grande rareté, & que ſes particules occupent une ſi petite portion de l'eſpace de ſon étendue apparente, il eſt bien étrange comment elle reſiſte pourtant ſi fort à la Compreſſion, ſans ſe laiſſer condenſer par aucune force qu'on ait eſſaié juſqu'ici d'y employer; conſervant meſme toute ſa liquidité, pendant qu'elle ſouffre cette preſſion.

Ce n'eſt pas icy une petite difficulté. Laquelle pourtant on

peut resoudre en disant que le mouvement tres violent & rapide de la matiere subtile qui rend l'eau liquide, en ébranlant les particules dont elle est composée, maintient cette liquidité malgré la pression que jusqu'icy on se soit avisé d'y appliquer.

La rareté des corps transparens estant donc telle que nous avons dit, l'on conçoit aisement que les ondes puissent estre continuées dans la matiere etherée qui emplit les interstices des particules. Et de plus l'on peut croire que le progrez de ces ondes doit estre un peu plus lent au dedans des corps, à raison des petits detours que causent les mesmes particules. Dans laquelle difference viteſſe de la lumiere, je feray voir que consiste la cause de la refraction.

J'indiqueray auparavant la troiséme & derniere maniere dont on peut concevoir la transparence, qui est en supposant que le mouvement des ondes de lumiere se transmet indifferemment & dans les particules de la matiere etherée, qui occupent les interstices des corps, & dans les particules qui les composent, en sorte que ce mouvement passe des unes aux autres. L'on verra cy apres que cette hypothese sert beaucoup à expliquer la refraction double de certains corps diaphanes.

Que si l'on objecte que les particules de l'ether estant plus petites que celles des corps transparens, puis qu'elles passent par leurs intervalles, il s'ensuivroit qu'elles ne leur pourroient communiquer que peu de leur mouvement; l'on peut respondre, que les particules de ces corps sont encore composées d'autres particules plus petites; & qu'ainsi ce seront ces particules secondes qui recevront le mouvement de celles de l'ether.

Au reste, si celles des corps transparents ont leur ressort un peu moins prompt que n'est celuy des particules etherées, ce que rien n'empesche de supposer, il s'ensuivra derechef que le progrez des ondes de lumiere sera plus lent au dedans de ce corps, qu'elle n'est au dehors dans la matiere etherée.

C'est

C'eſt là tout ce qui j'ay trouvé de plus vrai-ſemblable pour la maniere dont les ondes de la lumiere paſſent à travers les corps tranſparens. A quoy il faut encore adjouter en quoy ces corps different de ceux qui ſont opaques ; & d'autant plus qu'il peut ſembler, à cauſe de la facile penetration des corps par la matiere etherée, dont il a eſté parlé, qu'il n'y auroit point de corps qui ne fût tranſparent. Car par la meſme raiſon de la ſphere creuſe, que j'ay emploiée pour prouver le peu de denſité du verre, & ſa penetrabilité aiſeé à la matiere etherée, l'on peut auſſi prouver que la meſme penetrabilité conuient aux metaux & à toute autre ſorte de corps. Car cette ſphere eſtant d'argent par exemple, il eſt certain qu'elle contient de la matiere etherée qui ſert à la lumiere, puiſque cette matiere y eſtoit auſſi bien que l'air, lorſqu'on bouchoit l'ouverture de la ſphere. Cependant eſtant fermée, & poſeé ſur un plan horizontal, elle ne reſiſte au mouvement qu'on luy veut donner que ſuivant la quantité de l'argent dont elle eſt faite. de ſorte qu'il en faut conclurre, comme deſſus, que la matiere étherée, qui eſt enfermée ne ſuit point le mouvement de la ſphere ; & que partant l'argent, auſſi bien que le verre, eſt tres facilement penetré par cette matiere. Il s'en trouve donc continuellement & en quantité entre les particules de l'argent & de tous les autres corps opaques ; & puis qu'elle ſert à la propagation de la lumiere, il ſemble que ces corps devroient auſſi eſtre tranſparens, comme le verre ; ce qui pourtant n'eſt point.

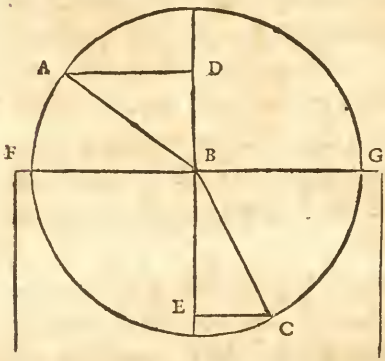
D'où dira-t-on donc que vient leur opacité? eſt-ce que les particules qui les compoſent ſont molles, c'eſt-à-dire que ces particules, eſtant compoſées d'autres moindres, ſont capables de changer de figure en recevant l'impreſſion des particules etherées, des quelles par là elles amortiſſent le mouvement, & empeſchent ainſi la continuation des ondes de lumiere? Cela ne ſe peut : car ſi les particules des metaux ſont molles, comment

eſt

eſt ce que l'argent poli, & le mercure reflechiſſent ſi fortement la lumiere?! Ce que je trouve de plus vrai-ſemblable en cecy, c'eſt de dire que les corps des metaux, qui ſont preſque les ſeuls veritablement opaques, parmi leurs particules dures en ont de molles entremeſlées; de ſorte que les unes ſervent à cauſer la reflexion, & les autres à empeſcher la tranſparence; au lieu que les corps tranſparens ne contiennent que des particules dures, qui ont la faculté de faire reſſort, & ſervent enſemble avec celles de la matiere etherée, ainſi qu'il a eſté dit, à la propagation des ondes de la lumiere.

Paſſons maintenant à l'explication des effects de la Refraction; en ſuppoſant, comme nous avons fait, le paſſage des ondes de la lumiere à travers les corps tranſparens, & la diminution de viteſſe que ces meſmes ondes y ſouffrent.

La principale proprieté de la Refraction eſt, qu'un rayon de lumiere, comme A B, eſtant dans l'air, & tombant obliquement ſur la ſurface polie d'un corps tranſparent comme F G, ſe rompt au point d'incidence B, en ſorte qu'avec la droite D B E, qui coupe la ſurface perpendiculairement, il fait un angle C B E moindre que A B D, qu'il faiſoit avec la meſme perpendiculaire eſtant dans l'air. Et la meſure de ces angles ſe trouve en décrivant un cercle du point B, qui coupe les rayons A B, B C. Car les perpendiculaires A D, C E menées des points d'interſection ſur la droite D E, leſquelles on appelle les Sinus des angles A B D, C B E, ont entre elles une certaine raiſon, qui eſt tousjours la meſme dans toutes les inclinaiſons du rayon incident, pour ce qui eſt d'un certain corps tranſparent. Eſtant dans le verre fort

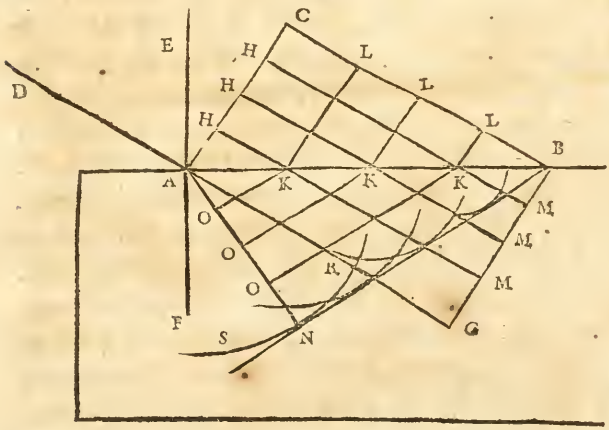


prez

prés comme de 3 à 2, & dans l'eau fort prés comme de 4 à 3; & ainsi differente dans d'autres corps diaphanes.

Une autre proprieté, pareille à celle-cy, est que les refractions sont reciproques entre les rayons entrans dans un corps transparent, & ceux qui en sortent. C'est-à-dire que si le rayon A B en entrant dans le corps transparent se rompt en B C, aussi C B, estant pris pour un rayon au dedans de ce corps, se rompra, en sortant, en B A.

Pour expliquer donc les raisons de ces phenomenes suivant nos principes, soit la droite A B, qui represente une surface plane, terminant les corps transparens qui sont vers C & vers N. Quand je dis plane, cela ne signifie pas d'une egalité parfaite, mais telle qu'elle a esté entendue en traittant de la reflexion, & par la mesme raison. Que la ligne A C represente une partie



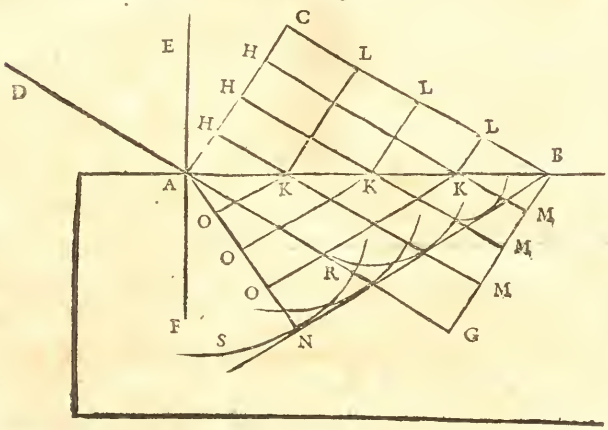
d'onde de lumiere, dont le centre soit supposé si loin, que cette partie puisse estre considerée comme une ligne droite. L'endroit C donc, de l'onde A C, dans un certain espace de temps sera avancé jusqu'au plan A B suivant la droite C B, que l'on doit imaginer qu'elle vient du centre lumineux, & qui par consequent coupera A C à angles droits. Or dans le mesme temps l'endroit A seroit venu en G par la droite A G, egale & parallele à C B; & toute la partie d'onde A C seroit en G B, si la matiere du corps transparent transmettoit le mouvement de l'onde

auſſi vîte que celle de l'Ether. Mais ſuppoſons qu'elle tranſmette ce mouvement moins vîte, par exemple, d'un tiers. Il ſe ſera donc repandu du mouvement depuis le point A, dans la matiere du corps tranſparent, par une etendue egale aux deux tiers de C B, faiſant ſon onde ſpherique particuliere, ſuivant ce qui à eſté dit cy devant; laquelle onde eſt donc repreſenteé par la circonference S N R, dont le centre eſt A, & le demi diametre egal aux $\frac{2}{3}$ de C B. Que ſi l'on conſidere enſuite les autres endroits H de l'onde A C, il paroit que dans le meſme temps que l'endroit C eſt venu en B, ils ne ſeront pas ſeulement arrivez à la ſurface A B, par des droites H K paralleles à C B, mais que de plus ils auront engendré, des centres K, des ondes particulieres dans le diaphane, repreſentées icy par des circonferences dont les demi-diametres ſont egaux aux $\frac{2}{3}$ des lignes K M, c'eſt à dire aux $\frac{2}{3}$ des continuations de H K juſqu'à la droite B G; car ces demi-diametres auroient eſté egaux aux K M entieres., ſi les deux diaphanes eſtoient de meſme penetrabilité.

Or toutes ces circonferences ont pour tangente commune la ligne droite B N: ſçavoir la meſme qui du point B eſt faite tangente de la circonference S N R, que nous avons conſiderée la premiere. Car il eſt aiſé de voir que toutes les autres circonferences vont toucher à la meſme B N, depuis B juſqu'au point de contact N, qui eſt le meſme ou tombe A N perpendiculaire ſur B N.

C'eſt donc B N, qui eſt comme formée par de petits arcs de ces circonferences, qui termine le mouvement que l'onde A C a communiqué dans le corps tranſparent, & ou ce mouvement ſe trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs. Et pour cela cette ligne, ſuivant ce qui a eſté dit plus d'une fois, eſt la propagation de l'onde A C dans le moment que ſon endroit ceſt arrive en B. Car il ny a point d'autre ligne au deſſous du plan A B qui, comme B N, ſoit tangente commune de toutes leſdites ondes particulieres. Que ſi l'on veut ſçavoir

voir comment l'onde AC eſt venue ſucceſſivement en BN, il ne faut que dans la meſme figure tirer les droites KO paralleles à BN, & toutes les KL paralleles à AC. Ainſi l'on verra que l'onde CA, de droite eſt devenue briſée dans toutes les LKO ſucceſſivement, & qu'elle eſt redevenue droite en BN. Ce qui eſtant evident par ce qui a desja eſté monſtre, il n'eſt pas beſoin de l'eclaircir davantage.

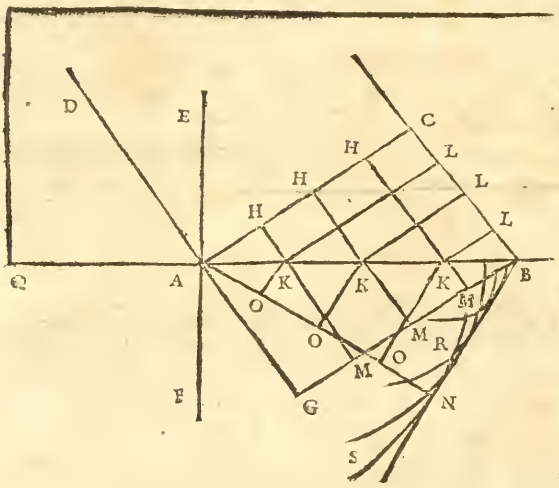


Or, dans la meſme figure, ſi on mene EAF, qui coupe le plan AB à angles droits au point A, & que AD ſoit perpendiculaire à l'onde AC, ce ſera DA qui marquera le rayon de lumiere incident, & AN, qui eſtoit perpendiculaire à BN, le rayon rompu: puiſque les rayons ne ſont autre choſe que les lignes droites ſuivant leſquelles les parties des ondes s'eſtendent.

D'où il eſt aiſé de reconnoitre cette principale proprieté des refractions, ſçavoir que le Sinus de l'angle DAE, a tousjours une meſme raiſon au Sinus de l'angle NAF, quelle que ſoit l'inclinaiſon du rayon DA: & que cette raiſon eſt la meſme que celle de la viteſſe des ondes dans le diaphane qui eſt vers AE, à leur viteſſe dans le diaphane vers AF. Car conſiderant AB comme rayon d'un cercle, le Sinus de l'angle BAC eſt BC, & le Sinus de l'angle ABN eſt AN. Mais l'angle BAC eſt egal à DAE; puiſque chacun d'eux, adjouté à CAE, fait un angle droit. Et l'angle ABN eſt egal à NAF; puiſque chacun d'eux avec BAN fait

un angle droit. Donc le Sinus de l'angle D A E eſt auſſi au Sinus de N A F comme B C à A N. Mais la raiſon de B C à A N eſtoit la meſme que celle des viteſſes dela lumiere dans la matiere qui eſt vers A E & dans celle qui eſt vers A F ; donc auſſi le Sinus de l'angle D A E au Sinus de l'angle N A F ſera comme leſdites viteſſes de la lumiere.

Pour voir enſuite quelle doit eſtre la refraction, lorſque les ondes de lumiere paſſent dans un corps, où le mouvement s'étend plus vîte que dans celuy d'ou ils ſortent, (poſons derechef ſelon la raiſon de 3 à 2) il ne faut que repeter toute la meſme conſtruction & demonſtration que nous venons de mettre; en ſubſtituant ſeulement par-tout $\frac{1}{2}$ au lieu de $\frac{2}{3}$. Et l'on trouvera par le meſme raiſonnement, dans cette autre figure, que lorſque l'endroit C de l'onde A C ſera parvenu juſqu'a la ſurface A B en B, toute la partie d'onde A C ſera avancée en B N, en ſorte que B C perpendiculaire ſur A C ſoit à A N perpendiculaire ſur B N comme 2 à 3. Et que cette meſme raiſon de 2 à 3 ſera enfin entre le Sinus de l'angle E A D, & le Sinus de l'angle F A N.



D'icy l'on voit la reciprocation des refractions du rayon entrant & ſortant d'un meſme diaphane : ſçavoir que ſi N A tombant ſur la ſurface exterieure A B, ſe rompt en A D, auſſi le rayon D A ſe rompra, en ſortant du diaphane, en A N.

L'on

L'on voit auſſi la raiſon d'un accident notable qui arrive dans cette refraction ; qui eſt que depuis une certaine obliquité du rayon incident D A, il commence à ne point pouvoir penetrer dans l'autre diaphane. Car ſi l'angle D A Q ou C B A eſt tel que dans le triangle A C B, C B ſoit egale aux $\frac{2}{3}$ de A B, ou plus grande, alors A N ne peut pas faire un coſté du triangle A N B parce qu'elle devient egale à A B, ou plus grande : de ſorte que la partie d'onde B N ne ſe trouve nulle part, ni par conſequent A N, qui luy devoit eſtre perpendiculaire. Et ainſi le rayon incident D A ne perce point alors la ſurface A B.

Quand la raiſon des viteſſes des ondes eſt de deux à trois, comme dans noſtre exemple, qui eſt celle qui convient au verre & à l'air, l'angle D A Q doit eſtre plus grand que de 48. deg. 11. min. afin que le rayon D A puiſſe paſſer en ſe rompant. Et quand la raiſon de ces viteſſes eſt de 3 à 4, comme elle eſt à fort peu prés dans l'eau & l'air, cet angle D A Q doit exceder 41. degrez 24. minutes. Et cela s'accorde parfaitement avec l'experience.

Mais on pourroit demander icy, puiſque la rencontre de l'onde A C contre la ſurface A B doit produire du mouvement dans la matiere qui eſt de l'autre coſté, pourquoy il n'y paſſe point de lumiere. A quoy la réponſe eſt aiſée ſi l'on ſe ſouvient de ce qui a eſté dit cidevant. Car bien qu'il s'engendre une infinité d'ondes particulieres dans la matiere qui eſt de l'autre coſté de A B, il n'arrive point à ces ondes d'avoir une ligne tangente commune (ſoit droite ou courbe) en un meſme inſtant ; & ainſi il n'y a point de ligne qui termine la propagation de l'onde A C au delà du plan A B, ni où le mouvement ſoit ramaſſé en aſſez grande quantité pour produire de la lumiere. Et l'on verra aiſement la verité de cecy, ſçavoir que C B eſtant plus grande que les $\frac{2}{3}$ de A B, les ondes excitées au delà du plan A B n'auront point de commune tangente, ſi des centres K l'on de-

crit alors des cercles, ayans les rayons egaux aux $\frac{1}{2}$ des L B qui leur répondent. Car tous ces cercles seront enfermez les uns dans les autres, & passeront tous au dela du point B.

Or il est à remarquer que, dés lors que l'angle D A Q est plus petit qu'il ne faut pour permettre que le rayon D A rompu puisse passer dans l'autre diaphane, l'on trouve que la reflexion interieure, qui se fait à la surface A B, s'augmente de beaucoup en clarté; comme il est aisé d'experimenter avec un prisme triangulaire: dequoy l'on peut rendre cette raison par nostre Theorie. Lorsque l'angle D A Q est encore assez grand pour faire que le rayon D A puisse passer, il est manifeste que la lumiere de la partie d'onde A C est ramassée dans une moindre estendue, lorsqu'elle est parvenue en B N. Il paroit aussi que l'onde B N devient d'autant plus petite que l'angle C B A ou D A Q est fait plus petit; jusqu'a ce qu'estant diminué jusqu'a la determination peu auparavant marquée, cette onde B N se ramasse toute comme dans un point. C'est à dire que quand l'endroit C de l'onde A C est alors arrivé en B, l'onde B N, qui est la propagation de A C, est toute reduite au mesme point B; de mesme que, quand l'endroit H estoit arrivé en K, la partie A H estoit toute reduite au mesme point K. Ce qui fait voir qu'a mesure que l'onde C A est venu rencontrer la surface A B, il s'est trouvé grande quantité de mouvement le long de cette surface; lequel mouvement se doit estre repandu aussi en dedans du corps transparent, & avoir renforcé de beaucoup les ondes particulieres, qui produisent la reflexion interieure contre la surface A B, suivant les loix dela reflexion cy devant expliquées.

Et parce qu'un peu de diminution à l'angle d'incidence D A Q, fait devenir l'onde B N, d'assez grande qu'elle estoit, à rien: (car cét angle estant dans le verre de 49. degrez 11. min. l'angle B A N est encore de 11. degrez 21. min, & le mesme angle D A Q estant diminué d'un degré seulement, l'angle B A N est reduit

duit à rien, & ainſi l'onde BN reduite à un point :) dela vient que la reflexion interieure d'obſcure devient ſubitement claire, dés lors que l'angle d'incidence eſt tel qu'il ne donne plus paſſage à la refraction.

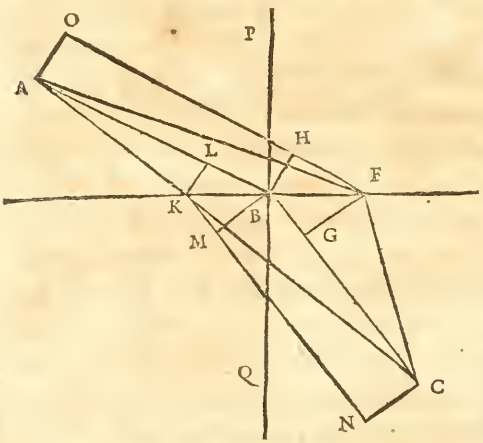
Or pour ce qui eſt de la reflexion exterieure ordinaire, c'eſt a dire qui arrive lors que l'angle d'incidence DAQ eſt encore aſſez grand pour faire que le rayon rompu puiſſe penetrer au dela de la ſuperficie AB : cette reflexion ſe doit faire contre les particules de la matiere qui touche le corps transparent par dehors. Et c'eſt apparemment contre les particules de l'air & autres, meſlées parmy la matiere etherée, & plus groſſiere qu'elle. Comme d'autre coſté la reflexion exterieure de ces corps ſe fait contre les particules qui les compoſent, & qui ſont auſſi plus groſſes que celles de la matiere étherée, puiſque celle-cy coule dans leurs intervalles. Il eſt vray qu'il reſte en cecy quelque difficulté dans les experiences où cette reflexion interieure ſe fait ſans que les particules de l'air y puiſſent contribuer, comme dans des vaiſſeaux ou tuyaux d'où l'air a eſté tiré.

L'experience au reſte nous apprend que ces deux reflexions ſont à peu pres d'egale force, & que dans les differens corps tranſparens elles en ont d'autant plus que la refraction de ces corps eſt plus grande. Ainſi l'on voit manifeſtement que la reflexion du verre eſt plus forte que celle de l'eau, & celle du diamant plus forte que celle du verre.

Je finiray cette theorie de la refraction en demonſtrant une propoſition remarquable qui en depend ; ſçavoir qu'un rayon de lumiere pour aller d'un point à un autre, quand ces points ſont dans des diaphanes differens, ſe rompt en ſorte à la ſurface plane qui joint ces deux milieux, qu'il employe le moindre temps poſſible ; tout de meſme qu'il arrive dans la reflexion contre une ſurface plane. Mr. Fermat à propoſé le premier cette proprieté des refractions, tenant comme nous, & directement

ctement contre l'opinion de. Mr. Des Cartes, que la lumiere paſſe plus lentement à travers le verre & l'eau qu'à travers l'air. Mais il ſuppoſoit outre cela la proportion conſtante des Sinus, que nous venons de prouver par ces ſeuls divers degrez de viteſſe : ou bien, ce qui vaut autant, il ſuppoſoit outre ces diverſes viteſſes, que la lumiere employoit en ce paſſage le moindre temps poſſible, pour en conclurre la proportion conſtante des Sinus. Sa demonſtration, qui ſe voit dans ſes ouvrages imprimez & dans le livre des lettres de Mr. Des Cartes, eſt fort longue ; c'eſt pourquoy je donne icy cette autre plus ſimple & plus facile.

Soit la ſurface plane K F ; le point A dans le diaphane que la la lumiere traverſe plus facilement, comme l'air ; le point C dans un autre plus difficile à penetrer, comme l'eau ; & qu'un rayon ſoit venu de A, par B en C, ayant eſté rompu en B ſuivant la loy peu auparavant demonſtrée ; c'eſt à dire qu'ayant mené P B Q, qui coupe le plan à angles droits, le ſinus de l'angle A B P au ſinus de l'angle C B Q ait la meſme raiſon que la viteſſe de la lumiere dans le diaphane, où eſt A, à ſa viteſſe où eſt C. Il faut demonſtrer que les temps du paſſage de la lumiere par A B & B C, pris enſemble, ſont les plus courts qu'ils peuvent eſtre. Prenons qu'elle ſoit venue par d'autres lignes, & premierement par A F, F C, en ſorte que le point de refraction F ſoit plus diſtant que B du point A, & ſoit A O, perpendiculaire ſur



A B,

AB, FO parallele à AB ; BH perpendiculaire sur FO, & FG sur BC.

Puisque donc l'angle HBF est egal à PBA, & l'angle BFG egal a QBC; il s'ensuit que le sinus de l'angle HBF aura aussi au sinus de BFG la mesme raison que la viteſſe de la lumiere dans le diaphane A, à sa viteſſe dans le diaphane C. Mais ces sinus sont les droites HF, BG, en prenant BF pour demi-diametre d'un cercle. Donc ces lignes, HF, BG ont entre elles ladite raison des viteſſes. Et partant le temps de la lumiere par HF, suppoſé que le rayon fut OF, seroit egal au temps par BG au dedans du diaphane C. Mais le temps par AB est egal au temps par OH; donc le temps par OF est egal au temps par AB, BG. Derechef le temps par FC est plus long que par GC, donc le temps par OFC sera plus long que par ABC. Mais AF est plus grande que OF, donc le temps par AFC excedera d'autant plus le temps par ABC.

Prenons maintenant que le rayon soit venu de A en C par AK, KC; le point de refraction AK estant plus prés de A que n'est le point B; & soit CN perpendiculaire sur BC, KN parallele à BC: BM perpendiculaire sur KN, & KL sur BA.

Icy BL & KM sont les sinus des angles BKL, KBM, c'est à dire des angles PBA, QBC; & partant elles sont entre elles comme la viteſſe de la lumiere dans le diaphane A, à la viteſſe dans le diaphane C. Donc le temps par LB est egal au temps par KM; & puis que le temps par BC est egal au temps par MN, le temps par LBC sera egal au temps par KMN. Mais le temps par AK est plus long que par AL: donc le temps par AKN est plus long que par ABC. Et KC estant plus longue que KN, le temps par AKC surpaſſera d'autant plus le temps par ABC. Ainsi il paroit que le temps par ABC est le plus court qu'il peut estre: ce qu'il falloit demonstrer.

CHAPITRE IV.

DE LA REFRACTION DE L'AIR.

Nous avons montré comment le mouvement, qui fait la lumiere, s'eſtend par des ondes ſpheriques dans une matiere homogene. Et il eſt évident que lorſque la matiere n'eſt pas homogene, mais de telle conſtitution que le mouvement s'y communique plus viſte vers un coſté que vers un autre, ces ondes ne ſçauroient eſtre ſpheriques, mais qu'elles doivent prendre leur figure ſuivant les differens eſpaces que le mouvement ſucceſſif parcourt en des temps egaux.

C'eſt par là que nous expliquerons premierement les refractions qui ſe font dans l'air, qui s'eſtend d'icy aux nuës & au delà; deſquelles refractions les effets ſont fort remarquables; car c'eſt par elles que nous voyons ſouvent des objets que la rondeur de la Terre nous devroit autrement cacher; comme des Iſles & des ſommets de montagnes lorsqu'on eſt ſur mer. Par elles auſſi le Soleil & la Lune paroiſſent levez auparavant qu'ils le ſoient en effet, & couchez plus tard; de ſorte qu'on a veu ſouvent la Lune eclipſée que le Soleil paroiſſoit encore deſſus l'horizon. Et ainſi les hauteurs du Soleil & de la Lune, & celles de toutes les étoilles paroiſſent tousjours un peu plus grandes, par ces meſmes refractions, qu'elles ne ſont dans la verité, comme ſçavent les Aſtronomes. Mais il y a une experience qui rend cette refraction fort viſible; qui eſt qu'en fixant une lunette d'approche en quelqu'endroit, en ſorte qu'elle regarde un objet éloigne de demie lieuë ou plus, comme un clocher ou une maiſon, ſi on y regarde à des heures differen-

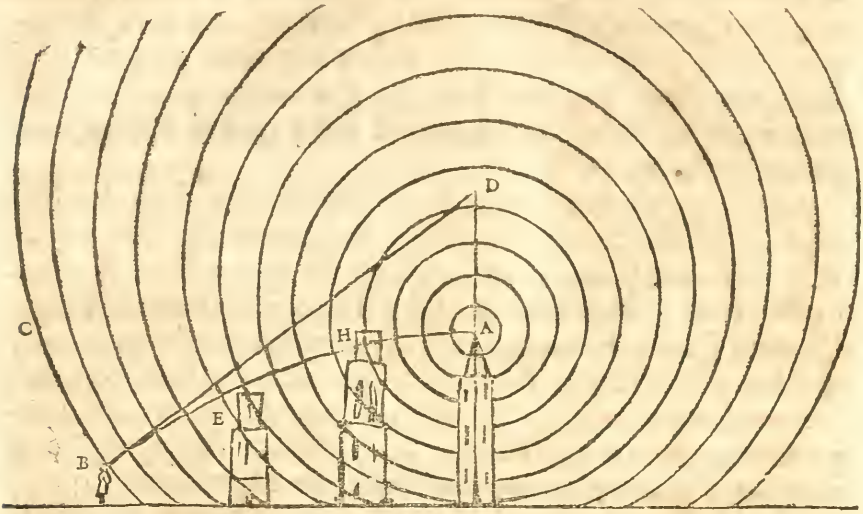
tes

tes du jour, la laiſſant tousjours attachée de meſme, l'on verra que ce ne feront pas les meſmes endroits de l'objet qui ſe preſenteront au milieu de l'ouverture de la lunette, mais que d'ordinaire le matin & le ſoir, lorſqu'il y a plus de vapeurs prés de la Terre, ces objets ſemblent monter plus haut, en ſorte que la moitié ou d'avantage n'en ſera plus viſible; & qu'ils baiſſeront vers le midy quand ces vapeurs ſeront diſſipées.

Ceux qui ne conſiderent la refraction que dans les ſurfaces qui diſtinguent des corps tranſparens de diverſe nature, auroient peine à rendre raiſon de tout ce que je viens de raporter : mais ſuivant noſtre Theorie la choſe eſt fort aiſée. Lon ſçait que lair qui nous environne, outre les particules qui luy ſont propres, & qui nagent dans la matiere etherée, comme il à eſté explique, ſe remplit encore de parparticules d'eau, que l'action de la chaleur eleve; & l'on à reconnu d'ailleurs par de tres certaines experiences, que la denſité de l'air diminue à meſure qu'on y monte plus haut. Or ſoit que les particules de l'eau & celles de l'air participent, par le moyen des particules de la matiere etherée, du mouvement qui fait la lumiere, mais qu'elles ſoient d'un reſſort moins prompt que celles-cy; ou que la rencontre, & l'embarras que ces parties d'air & d'eau donnent à la propagation du mouvement des particules etherées, en retarde le progrez; il s'enſuit que les unes & les autres, volant parmy les particules etherées, doivent rendre l'air, depuis une grande hauteur juſqu'à la Terre, par degrez, moins facile à l'extenſion des ondes de la lumiere.

D'où la figure des ondes doit devenir telle environ que cette figure la repreſente. Sçavoir ſi A eſt une lumiere, ou une pointe viſible d'un clocher, les ondes qui en naiſſent doi-

vent s'étendre plus amplement vers en haut, & moins vers en bas, mais vers les autres endroits plus ou moins selon qu'ils



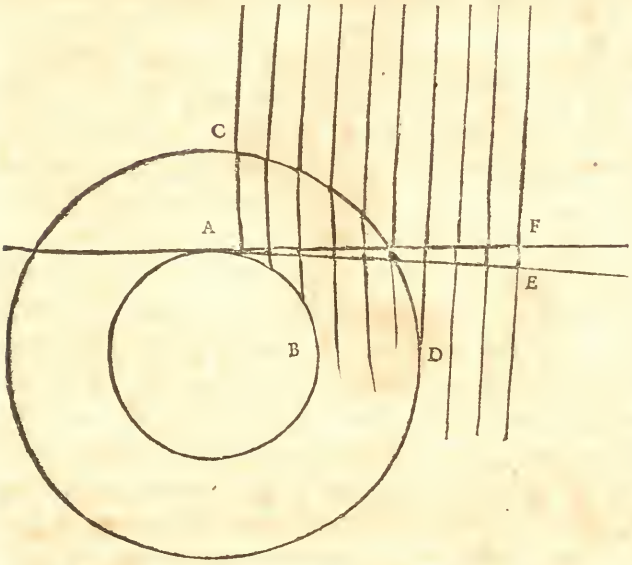
approchent de ces deux extremes. Ce qui estant, il s'ensuit necessairement que toute ligne, qui coupe une de ces ondes à angles droits, passe au dessus du point A, si ce n'est la seule qui est perpendiculaire à l'horizon.

Soit B C l'onde qui porte la lumiere au spectateur qui est en B, & que B D soit la droite qui coupe cette onde perpendiculairement. Or parce que le rayon ou la ligne droite, par laquelle nous jugeons l'endroit où l'objet nous paroit, n'est autre chose que la perpendiculaire à l'onde qui arrive à nostre oeil, comme l'on peut entendre par ce qui à esté dit cy dessus, il est manifeste que le point A s'appercevra comme estant dans la droite B D, & ainsi plus haut qu'il n'est en effet.

De mesme si la Terre est A B, & l'extremité de l'Atmosphere

C D,

C D ; qui vraiſemblablement n'eſt pas une ſurface ſpherique bien terminée, puiſque nous ſçavons que l'air ſe rarefie à meſure qu'on y monte plus haut, parce qu'il en a d'autant moins au deſſus de luy qui le preſſe ; les ondes de la lumiere du ſoleil venant, par exemple, en ſorte que, tant qu'elles n'ont



pas atteint l'Atmoſphere C D, la droite A E les coupe perpendiculairement: ces meſmes ondes, entrant dans l'Atmoſphere, doivent avancer plus vite aux endroits elevez que dans ceux qui ſont plus prés de la Terre. De ſorte que ſi C A eſt l'onde qui porte la lumiere au ſpectateur en A, ſon endroit C ſera le plus avancé, & la droite A F, qui coupe cette onde à angles droits, & qui determine le lieu apparent du Soleil, paſſera au deſſus du Soleil veritable, qui ſeroit vû par la ligne A E. Et ainſi il peut arriver que ne devant point eſtre viſible ſans vapeurs, par ce que la ligne A E rencontre la rondeur de la Terre, il s'apercevra par la refraction dans la ligne A F. Mais cet angle E A F n'eſt jamais guere plus grand que d'un demi degré, parce que la tenuité des vapeurs n'altere que bien peu les ondes de la lumiere. De plus ces refractions ne ſont pas tout à fait conſtantes en tout temps,

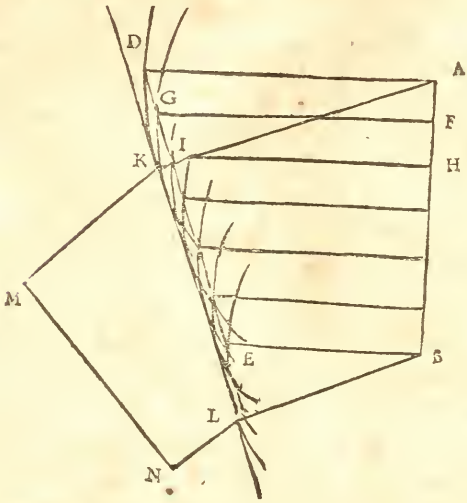
ſur tout dans les petites hauteurs de 2 ou 3 degrez ; ce qui vient de la differente quantité de vapeurs aqueuſes qui s'elevent de la Terre.

Et cecy meſme eſt cauſe qu'en de certains temps un objet eloigné ſera caché derriere un autre moins eloigné, & qu'il pourra eſtre vû dans un autre temps, quoique l'endroit d'où l'on regarde ſoit tousjours le meſme. Mais la raiſon de cet effet ſera encore plus evidente par ce que nous allons remarquer touchant la courbure des rayons. Il paroit par les choſes expliquées cy deſſus que le progrez, ou la propagation d'une particule d'une onde de lumiere, eſt proprement ce qu'on appelle un rayon. Or ces rayons au lieu qu'ils ſont droits dans des diaphanes homogenes, doivent eſtre courbes dans un air d'inegale penetrabilité. Car ils ſuivent neceſſairement la ligne qui, depuis l'objet juſqu'a l'œil, coupe toutes les progreſſions des ondes à angles droits, ainſi que dans la premiere figure fait la ligne A E B, comme il ſera montré cy aprés ; & c'eſt cette ligne qui determine quels corps interpoſez nous doivent empeſcher de voir l'objet ou non. Car bien que la pointe du clocher A paroiſſe élevée en D, pourtant elle ne paroitroit pas à l'oeil B ſi la tour H eſtoit entre deux, parce qu'elle traverſe la courbe A E B. Mais la tour E, qui eſt au deſſous de cette courbe, n'empeſche point la pointe A d'eſtre veüe. Or ſelon que l'air proche de la Terre excede en denſité celuy qui eſt plus elevé, la courbure du rayon A E B devient plus grande ; de ſorte qu'en certains temps il paſſe au deſſus du ſommet E, ce qui fait apercevoir la pointe A à l'œil en B ; & en d'autres temps il eſt interrompu par la meſme tour E, ce qui cache A à ce meſme œil.

Mais pour demonſtrer cette courbure des rayons conformement à toute noſtre precedente Theorie, imaginons nous que A B ſoit une parcelle d'onde de lumiere venant du coſté C, la quelle nous pouvons conſiderer comme une ligne droite. Poſons

auſſi

qu'elle ſoit perpendiculaire à l'Horizon ; l'endroit B eſtant plus proche de la Terre que l'endroit A ; & qu'à cauſe des vapeurs moins embaraſſantes en A qu'en B, l'onde particuliere qui procede du point A s'eſtende par un certain eſpace A D, pendant que l'onde particuliere qui procede du point B s'eſtend par un eſpace moindre B E ; eſtant A D, B E paralleles à l'Horizon. De plus, ſuppoſant des droites F G, H I &c. tirées d'une infinité de points dans la droite A B, & terminées par la droite (ou qui peut eſtre conſiderée comme telle) D E, ſoient par toutes ces lignes repreſentées les diverſes penetrabilitez dans les differentes hauteurs de l'air entre A & B ; de ſorte que l'onde particuliere, née du point F, s'elargira de l'eſpace F G, & celle du point H de l'eſpace H I, pendant que celle du point A s'etend par l'eſpace A D.



Or ſi des centres A, B l'on décrit les cercles D K, E L, qui repreſentent l'eſtendue des ondes qui naiſſent de ces deux points, & que l'on mene la droite K L qui touche ces deux cercles, il eſt aiſé de voir que cette meſme ligne ſera la tangente commune de tous les autres cercles qui ont eſté decrits des centres F, H, &c. & que tous les points de contact tomberont dans la partie de cette ligne qui eſt compriſe entre les perpendiculaires A K, B L. Donc ce ſera la droite K L qui terminera le mouvement des

des ondes particulieres nées des points de l'onde A B, & ce mouvement sera plus fort entre les points K L que par tout ailleurs dans le mesme instant, puis qu'une infinité de circonferences concourent à former cette droite. Et partant K L sera la propagation de la partie d'onde A B, suivant ce qui a esté dit en expliquant la reflexion & la refraction ordinaire. Or il paroit que A K, B L baissent vers le costé ou l'air est moins aisé à penetrer : car A K estant plus longue que B L, & luy estant parallele, il s'ensuit que les lignes A B, K L, estant prolongées, concourent du costé L. Mais l'angle K est droit, donc K A B est necessairement aigu, & partant moindre que D A B. Que si l'on cherche de mesme maniere le progrez de la partie d'onde K L, on la trouvera dans un autre temps parvenue en M N, en sorte que les perpendiculaires K M, L N baissent encore plus que A K, B L. Et cecy fait assez voir que le rayon se continue suivant la ligne courbe qui coupe toutes les ondes à angles droits, comme il a esté dit.

CHAPITRE V.

DE L'ESTRANGE REFRACTION DU CRISTAL D'ISLANDE.

I. L'on apporte d'Islande, qui est une Isle de la Mer Septentrionale, à la hauteur de 66. degrez, une espece de Cristal, ou pierre transparente, fort remarquable par sa figure, & autres qualitez, mais sur tout par celle de ses estranges refractions. Dont les causes m'ont semblé d'autant plus dignes d'estre curieusement recherchées, que parmy les corps diaphanes celuy cy seul, à l'egard des rayons de la lumiere, ne suit pas les regles ordinaires. J'ay mesme eu quelque necessité de faire cette recherche, parce que les refractions de ce Cristal sembloient renverser nostre explication precedente de la refraction reguliere.

guliere; laquelle, au contraire, l'on verra qu'elles confirment beaucoup, apres eſtre reduites au meſme principe. C'eſt dans l'Iſlande qu'on trouve de gros morceaux de ce Criſtal, dont j'en ay veu de 4 ou 5 livres. Mais il en croit auſſi en d'autres pays: car j'en ay eu de la meſme eſpece qu'on avoit trouvé en France prés de la ville de Troyes en Champagne, & d'autre qui venoit de l'Iſle de Corſe, quoique l'un & l'autre moins clair, & ſeulement en petits morceaux, à peine capables de faire remarquer quelque effet de la refraction.

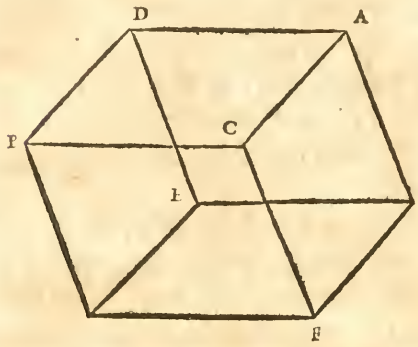
2. La premiere connoiſſance, qu'en a eu le public, eſt deuë à Mr. Eraſme Bartholin, qui a donné la deſcription du criſtal d'Iſlande avec celle de ſes principaux phenomenes. Mais je ne laiſſeray pas de donner icy la mienne, tant pour l'inſtruction de ceux qui n'auront pas vû ſon livre, que parce que dans quelques uns de ces phenomenes il y à un peu de difference entre ſes obſervations & celles que j'ay faites: m'eſtant appliqué avec beaucoup d'exactitude à examiner ces proprietez de la refraction, afin d'en eſtre bien ſeur devant que d'entreprendre d'en éclaircir les cauſes.

3. Si l'on regarde à la dureté de cette pierre, & à la qualité qu'elle a de pouvoir eſtre facilement fenduë, il faut plûtoſt l'eſtimer eſtre une eſpece de Talc, que non pas du Criſtal. Car une pointe de fer l'entame auſſi facilement que d'autre Talc, ou que de l'Albâtre, dont il égale la peſanteur.

4. Les morceaux qu'on en trouve ſont de la figure d'un parallelepipede oblique; chacune des ſix faces eſtant un parallelogramme; & il ſouffre d'eſtre fendu ſelon toutes les trois dimenſions, parallelement à deux de ces faces oppoſées. Meſme tellement, ſi l'on veut, que toutes les ſix faces ſoient des rhombes égaux & ſemblables. La figure icy ajoutée repreſente un morceau de ce Criſtal. Les angles obtus de tous les parallelogrammes, comme icy les angles C, D, ſont de 101 degrés, 52 minutes, &

par conſequent les aigus, comme A & B, de 78 degrez, 8 min.

5. Des angles ſolides il y en a deux oppoſez, comme C, E, qui ſont chacun compoſez de trois angles plans obtus & égaux. Les autres ſix ſont compoſez de deux angles aigus, & d'un obtus. Tout ce que je viens de dire a eſté remarqué de meſme par Mr. Bartholin, dans le traitté ſuſdit, ſi ce n'eſt que nous differons quelque peu dans la quantité des angles. Il rapporte encore quelques autres proprietez de ce Criſtal, ſçavoir qu'eſtant frotté contre du drap, il attire des brins de paille &. autres choſes legeres, ainſi que font l'ambre, le diamant, le verre & la cire d'Eſpagne. Qu'un morceau eſtant couvert d'eau pendant un jour ou d'avantage, ſa ſurface perd ſon poli naturel. Et que quand on y verſe de l'eau forte deſſus, elle fait ebullition; ſur tout, à ce que j'ay trouvé, ſi l'on met le Criſtal en poudre. J'ay auſſi experimenté qu'on le peut rougir au feu, ſans qu'il en ſoit aucunement alteré, ny rendu moins diaphane; mais qu'un feu fort violent pourtant le calcine. Sa tranſparence n'eſt guere moindre que celle de l'eau ou du Criſtal de roche, & ſans aucune couleur. Mais les rayons de lumiere y paſſent d'une autre façon, & produiſent ces merveilleuſes refractions, dont je vay tacher maintenant d'expliquer les cauſes; remettant à la fin de ce Traité de dire mes conjectures touchant la formation & la figure extraordinaire de ce Criſtal.

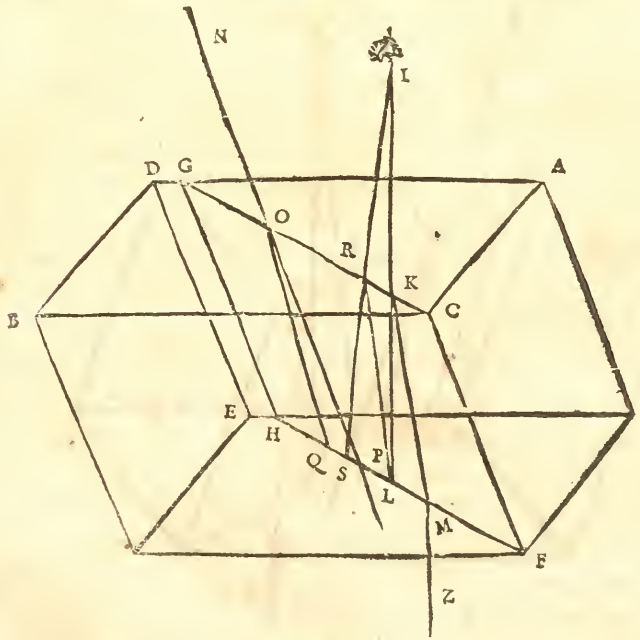


6. Dans tous les autres corps tranſparens que nous connoiſſons, il n'y à qu'une ſeule & ſimple refraction, mais dans

dans celuy cy il y en a deux differentes. Ce qui fait que les objets que l'on voit à travers, ſur tout ceux qui ſont appliquez tout contre, paroiſſent doubles; & qu'un rayon du ſoleil, tombant ſur une de ſes ſurfaces, ſe partage en deux, & traverſe ainſi le Criſtal.

7. C'eſt encore une loy generale dans tous les autres corps tranſparens, que le rayon, qui tombe perpendiculairement ſur leur ſurface, paſſe tout droit ſans ſouffrir de refraction; & que le rayon oblique ſe rompt tousjours. Mais dans ce Criſtal le rayon perpendiculaire ſouffre refraction, & il y a des rayons obliques qui le paſſent tout droit.

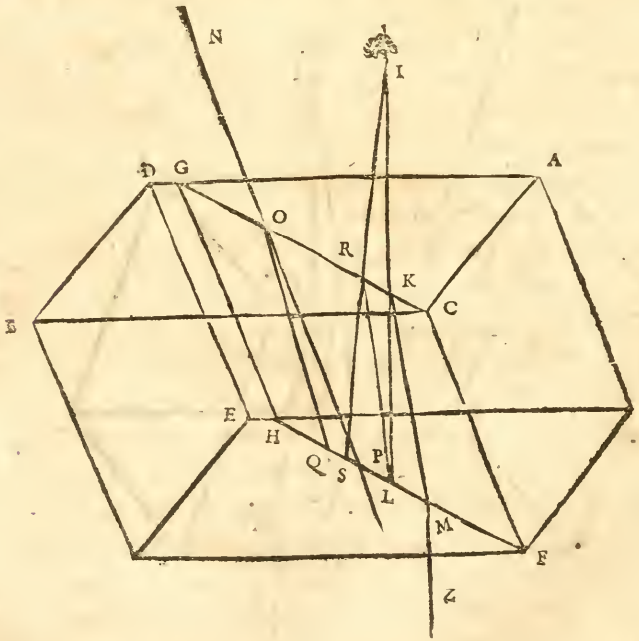
8. Mais pour expliquer plus particulierement ces phenome-



nes, ſoit derechef un morceau du meſme Criſtal A B F E; & ſoit

diviſé l'angle obtus A C B, l'un des trois qui ſont l'angle ſolide équilateral C, en deux parties égales par la droite C G, & que l'on conçoive que le Criſtal ſoit coupé par un plan qui paſſe par cette ligne & par le coſté C F, lequel plan ſera neceſſairement perpendiculaire à la ſurface A B, & ſa ſection dans le Criſtal ſera un parallelogramme G C F H. Nous apellerons cette ſection la ſection principale du Criſtal.

9. Or ſi l'on couvre la ſurface A B, en y laiſſant ſeulement une petite ouverture au point K, pris dans la droite C G; & qu'on l'expoſe au ſoleil, en ſorte que ſes rayons donnent deſſus perpendiculairement; le rayon I K ſe diviſera au point K en deux, dont l'un continuera d'aller droit par K L, & l'autre s'é-



cartera par la droite K M qui eſt dans le plan C G H F, & qui fait

fait avec K L un angle d'environ 6 degrez, 40 minutes, tendant du coſté de l'angle ſolide C; & en ſortant de l'autre coſté du criſtal, il ſe remettra en M Z parallele à I K. Et comme par cette refraction extraordinaire le point M eſt veu par le rayon rompu M K I, que je ſuppoſe aller à l'oeil I; il faut que le point L, par cette meſme refraction, ſoit vû par le rayon rompu L R I, en ſorte que L R ſoit comme parallele à M K, ſi la diſtance de l'oeil K I eſt ſuppoſée fort grande: Le point L paroit donc comme eſtant dans la droite I R S; mais le meſme point par la refraction ordinaire paroit auſſi dans la droite I K; donc il eſt neceſſairement jugé double. Et de meſme ſi L eſt un petit trou, dans une feuille de papier ou d'autre matiere qu'on aura appliquée contre le criſtal, il paroiſtra, en le tournant contre le jour, comme s'il y avoit deux trous; qui ſeront d'autant plus diſtans l'un de l'autre que le criſtal aura plus d'épaiſſeur.

10. Derechef ſi l'on tourne le Criſtal en ſorte qu'un rayon incident du ſoleil, N O, que je ſuppoſe eſtre dans le plan continué de G C F H, faſſe ſur C G un angle de 73 degrez & 20 min. & qu'il ſoit par conſequent preſque parallele au coſté C F, qui fait ſur F H un angle de 70 degrez, 57 min. ſuivant le calcul que je mettray à la fin; il ſe partagera en deux rayons au point O, deſquels l'un continuera par O P en ligne droite avec N O, & ſortira de meſme de l'autre coſté du criſtal ſans ſe rompre aucunement, mais l'autre ſe rompra & ira par O Q. Et il faut noter qu'il eſt particulier au plan par G C F, & à ceux qui luy ſont paralleles, que tous les rayons incidens qui ſont dans un de ces plans, continuent d'y eſtre aprés qu'ils ſont entrez dans le criſtal & devenus doubles; car il en eſt autrement dans les rayons de tous les autres plans qui coupent le criſtal, comme nous ferons voir aprés.

11. J'ay reconnu d'abord par ces experiences & par quelques autres, que des deux refractions differentes que le rayon ſouffre dans ce criſtal, il y en a une qui ſuit les regles ordi-

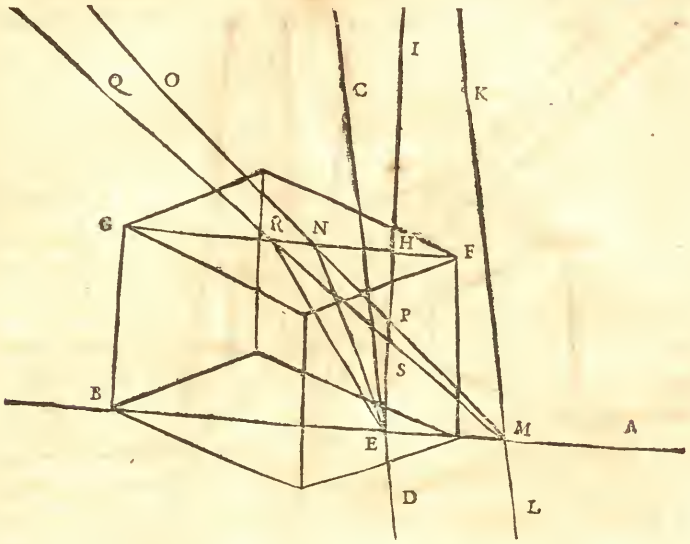
naires ; & que c'eſt elle à qui appartienent les rayons K L, & O Q. C'eſt pourquoy j'ay diſtingué cette refraction ordinaire d'avec l'autre, & l'ayant meſurée par des obſervations exactes, j'ay trouvé que ſa proportion, conſiderée dans les Sinus des angles que fait le rayon incident & rompu avec la perpendiculaire, eſtoit aſſez preciſement celle de 5 à 3, comme elle a auſſi eſté trouvée par Mr. Bartholin ; & par conſequent bien plus grande que celle du criſtal de Roche, ou du verre, qui eſt à peu prés de 3 à 2.

12. La maniere de faire exactement ces obſervations eſt telle. Il faut tracer ſur un papier, attaché ſur une table bien unie, une ligne noire A B, & deux autres qui la coupent à angles droits C E D, K M L, plus ou moins diſtantes l'une de l'autre ſelon qu'on veut examiner un rayon plus ou moins oblique : & poſer le criſtal ſur l'interſection E, en ſorte que la ligne A B convienne à celle qui diviſe également l'angle obtus de la ſurface d'en bas, ou à quelque ligne parallele. Alors en plaçant l'oeil directement au deſſus de la ligne A B, elle ne paroitra que ſimple, & l'on verra que ſa partie veuë à travers le criſtal, avec les parties qui paroiſſent au dehors, ſe rencontreront en ligne droite ; mais la ligne C D paroitra double, & l'on diſtinguera l'image qui vient de la refraction reguliere, de ce qu'elle paroit plus elevée que l'autre lorsqu'on regarde avec les deux yeux, ou bien de ce qu'en tournant le criſtal ſur le papier, elle demeure ferme, au lieu que l'autre image remuë & tourne tout autour.

L'on placera enſuite l'oeil en I (demeurant tousjours dans le plan perpendiculaire par A B) en ſorte qu'il voye l'image de la ligne C D, qui vient de la refraction reguliere, faire une ligne droite avec le reſte de cette ligne, qui eſt dehors le criſtal. Et marquant alors ſur la ſurface du criſtal le point H, où paroit l'interſection E, ce point ſera directement au deſſus de E. Puis on retirera l'oeil vers O, tousjours dans le plan perpendiculaire

par

par A B, en ſorte que l'image de la ligne C D, qui ſe fait par la refraction ordinaire, paroiſſe en ligne droite avec la ligne K L

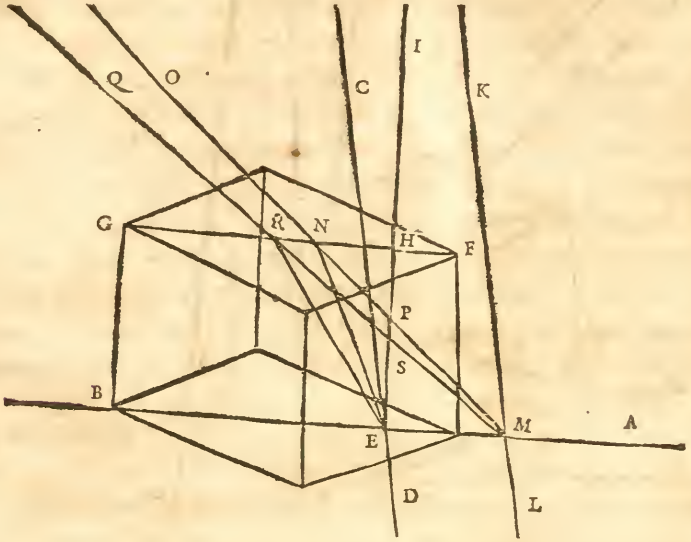


vuë ſans refraction; & l'on marquera ſur le criſtal le point N, où paroit le point d'interſection E.

13. L'on connoitra donc la longueur & la poſition des lignes N H, E M, & H E qui eſt l'épaiſſeur du criſtal; leſquelles lignes eſtant tracées à part ſur un plan, & joignant alors N E, & N M qui coupe H E en P, la proportion de la refraction ſera celle de E N, à N P, parce que ces lignes ſont entre elles comme les ſinus des angles N P H, N E P, qui ſont égaux à ceux que le rayon incident O N, & ſa refraction N E font avec la perpendiculaire à la ſurface. Cette proportion, comme j'ay dit, eſt aſſez preciſement comme de 5 à 3, & tousjours la meſme dans toutes les inclinaiſons du rayon incident.

14. La meſme maniere d'obſerver m'a auſſi ſervi à examiner

ner la refraction extraordinaire, ou irreguliere de ce criſtal. Car le point H eſtant trouvé, & marqué, comme il à eſté dit, directe-



ment au deſſus du point E, j'ay regardé l'apparence de la ligne C D, qui ſe fait par la refraction extraordinaire; & ayant placé l'oeil en Q en ſorte, que cette apparence fiſt une ligne droite avec la ligne K L vuë ſans refraction, j'ay connu les triangles R E H, R E S, & partant les angles R S H, R E S, que le rayon incident, & le rompu font avec la perpendiculaire.

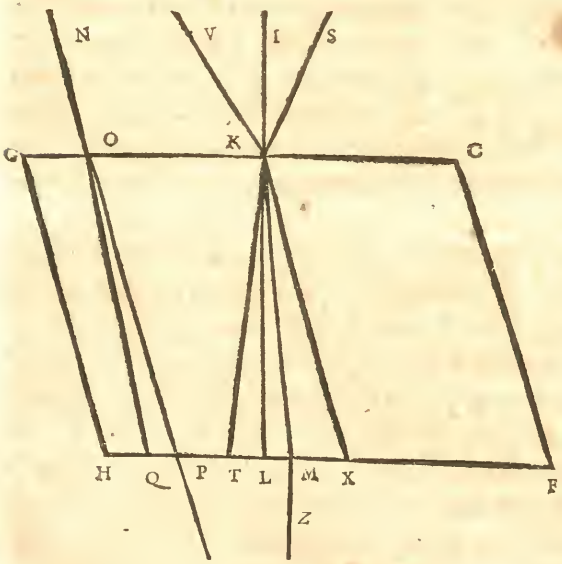
15. Mais j'ay trouvé dans cette refraction, que la raiſon de E R à R S n'éſtoit pas conſtante, comme dans la refraction ordinaire; mais qu'elle varioit ſuivant la differente inclinaiſon du rayon incident.

16. Je trouvay auſſi, que quand Q R E faiſoit une ligne droite, c'éſt à dire que le rayon incident entroit dans le criſtal ſans ſe rompre (ce que je reconnus de ce que alors le point E, vû par

la

la refraction extraordinaire, paroiſſoit dans la ligne C D vuë ſans refraction) je trouvay dis-je alors que l'angle Q R G éſtoit de 73 degrez, 20 minutes, comme il a eſté des-ja remarqué, & qu'ainſi ce n'éſt pas le rayon parallele au coſté du criſtal, qui le traverſe en droite ligne ſans ſe rompre, comme a crû Mr. Bartholin; puiſque ſon inclinaiſon n'eſt que de 70 degrez 57 minutes, comme il a eſté dit cy deſſus. Ce qui eſt à noter, afin qu'on ne cherche pas en vain la cauſe de la proprieté ſinguliere de ce rayon, dans ſon parallelisme auſdits coſtez.

17. Enfin continuant mes obſervations pour découvrir la nature de cette refraction, j'apris qu'elle gardoit cette regle remarquable qui s'enſuit. Soit tracé à part le parallegramme G C F H, fait par la ſection principale du criſtal cy devant determinée. Je trouvay donc que touſjours, quand les inclinaiſons de deux rayons qui vienent de coſtez oppoſez, comme icy V K, S K, ſont égales, leurs refractions K X & K T rencontrent la droite du fond H F en ſorte, que les points X & T ſont également diſtans du point M, oú tombe la refraction du rayon perpendiculaire I K; ce qui a auſſi lieu dans les refractions des autres ſections de ce criſtal. Mais devant que de parler de celles-là, qui ont



encore d'autres proprietez particulieres, nous rechercherons les cauſes des phenomenes que j'ay desja raportez.

Ce fut aprés avoir expliqué la refraction des corps tranſparens ordinaires, par le moyen des émanations ſpheriques de la lumiere, ainſi que deſſus, que je repris l'examen de la nature de ce Criſtal, ou je n'avois rien pu decouvrir auparavant.

18. Comme il y avoit deux refractions differentes, je conçus qu'il y avoit auſſi deux differentes emanations d'ondes de lumiere, & que l'une ſe pouvoit faire dans la matiere étherée repandue dans le corps du criſtal. Laquelle matiere eſtant en beaucoup plus grande quantité que n'eſt celle des particules qui le compoſent, eſtoit ſeule capable de cauſer la tranſparence, ſuivant ce qui a eſté expliqué cy devant. J'attribuay à cette émanation d'ondes la refraction reguliere qu'on obſerve dans cette pierre; en ſuppoſant ces ondes de forme ſpherique à l'ordinaire, & d'une extenſion plus lente au dedans du criſtal qu'elles ne ſont au dehors: d'où j'ay fait voir que procede la refraction.

19. Quant à l'autre émanation qui devoit produire la refraction irreguliere, je voulus eſſaier ce que feroient des ondes Elliptiques, ou pour mieux dire ſpheroïdes; leſquelles je ſuppoſay qu'elles s'eſtendoient indifferemment, tant dans la matiere étherée repandue dans le criſtal, que dans les particules dont il eſt compoſé; ſuivant la derniere maniere dont j'ay expliqué la tranſparence. Il me ſembloit que la diſpoſition, ou arrangement regulier de ces particules, pouvoit contribuer à former les ondes ſpheroïdes, (n'eſtant requis pour cela ſi non que le mouvement ſucceſſif de la lumiere s'étendît un peu plus viſte en un ſens qu'en l'autre,) & je ne doutay preſque point qu'il n'y euſt dans ce criſtal un tel arrangement de particules égales & ſemblables, à cauſe de ſa figure & de ſes angles d'une meſure certai-

certaine & invariable. Touchant leſquelles particules, & leur forme & diſpoſition, je propoſeray ſur la fin de ce Traité mes conjectures, & quelques experiences qui les confirment.

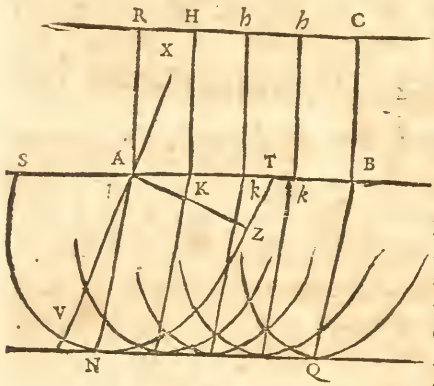
20. La double émanation d'ondes de lumiere, que je m'eſtois imaginée, me devint plus probable apres certain phenomene que j'obſervay dans le criſtal ordinaire qui croit en forme hexagone, & qui, à cauſe de cette regularité, ſemble auſſi eſtre compoſé de particules de certaine figure & rangées avec ordre. C'eſtoit que ce criſtal a une double refraction, auſſi bien que celuy d'Iſlande, quoyque moins évidente. Car en ayant fait tailler des Prismes bien polis, par des ſections differentes, je remarquay dans tous, en regardant la flame de la chandelle à travers, ou le plomb des vitres qui ſont aux fenétres, que tout paroiſſoit double, quoyqu'avec des images peu diſtantes entre elles. D'où je crompris la raiſon pourquoy ce corps ſi tranſparent eſt inutile aux Lunettes d'approche, quand elles ont tant ſoit peu de longueur.

21. Or cette double refraction, ſuivant ma Theorie cy deſſus établie, ſembloit demander une double émanation d'ondes de lûmiere, toutes deux ſpheriques (car les deux refractions ſont regulieres) & les unes ſeulement un peu plus lentes que les autres. Car par là ce phenomene s'explique fort naturellement, en ſuppoſant les matieres, qui ſervent de vehicule à ces ondes, de meſme que j'ay fait dans le criſtal d'Iſlande. J'eus donc moins de peine aprés cela à admettre deux émanations d'ondes dans un meſme corps. Et pour ce que l'on pouvoit m'objecter qu'en compoſant ces deux criſtaux de particules égales de certaine figure, & entaſſées regulierement, à peine les interſtices que ces particules laiſſent & qui contienent la matiere étherée, ſuffiroient pour tranſmettre les ondes de lumiere que j'y ay placées; j'oſtay cette difficulté en conſiderant ces particules comme eſtant d'un tiſſu fort rare, ou bien compoſées

d'autres particules beaucoup plus petites, entre leſquelles la matiere etherée paſſe fort librement. Ce qui d'ailleurs s'enſuit neceſſairement de ce qui a eſté demontré cy devant, touchant le peu de matiere dont les corps ſont aſſemblez.

22. Suppoſant donc ces ondes ſpheroides outre les ſpheriques, je commençay à examiner ſi elles pouvoient ſervir à expliquer les phenomenes de la refraction irreguliere, & comment par ces phenomenes meſmes je pourrois determiner la figure, & la poſition des ſpheroïdes: en quoy j'obtins à la fin le ſuccés deſiré, en procedant comme s'enſuit.

23. Je conſideray premierement l'effet des ondes ainſi formées, à l'égard du rayon qui tombe perpendiculairement ſur la ſurface platte d'un corps tranſparent, dans lequel elles s'eſtendroient de cette maniere. Je poſauy A B pour l'endroit decouvert de la ſurface. Et puiſqu'un rayon perpẽdiculaire ſur un plan, & venant d'une lumiere fort diſtante, n'eſt autre choſe, par la Theorie precedente, que l'incidence d'une parcelle d'onde pãrallele à ce plan; je ſuppoſay la droite R C, parallele & égale à A B, eſtre une portion d'onde de lumiere, dont les points infinis R H h C viennent rencontrer la ſurface A B aux points A K *k* B. Donc au lieu des ondes particulieres hemiſpheriques, qui dans un corps de refraction ordinaire ſe devoient étendre de chacun de ces derniers points; ainſi que nous avons expliqué cy deſſus en traittant de la refraction; ce devoient eſtre icy des hemiſpheroïdes, deſquels je ſuppoſay que les axes ou bien les grands diametres eſtoient obli-

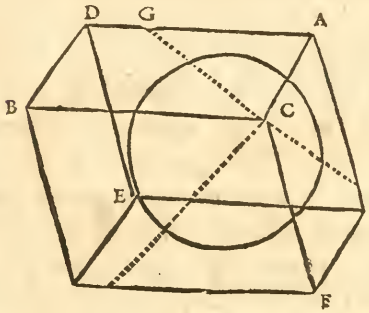


obliques au plan AB, ainſi que l'eſt AV, ½ axe ou ½ grand diametre du ſpheroïde SVT, qui repreſente l'onde particuliere venant du point A, apres que l'onde RC eſt venue en AB. Je dis ou axe ou grand diametre; parce que la meſme ellipſe SVT peut eſtre conſiderée comme ſection d'un ſpheroïde dont l'axe eſt AZ, perpendiculaire à AV. Mais pour le preſent ſans determiner encore l'un ou l'autre, nous conſidererons ces ſpheroïdes ſeulement dans leurs ſections qui ſont les ellipſes dans le plan de cette figure. Or prenant un certain eſpace de temps pendant lequel, du point A, s'eſt eſtendue l'onde SVT; il faloit que de tous les autres points K *k* B il ſe fiſt, dans le meſme temps, des ondes pareilles & ſemblablement poſées que SVT. Et la commune tangente NQ de toutes ces demi-ellipſes, eſtoit la propagation de l'onde RC dans le corps tranſparent propoſé, par la Theorie de cy deſſus. Parce que cette ligne eſt celle qui termine, dans un meſme inſtant, le mouvement qui a eſté cauſé par l'onde RC en tombant ſur AB; & où ce mouvement ſe trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs, comme eſtant faite des arcs infinis d'ellipſes, dont les centres ſont le long de la ligne AB.

24. Or il paroiſſoit que cette tangente commune NQ eſtoit parallele à AB, & de meſme longueur, mais qu'elle ne luy eſtoit pas oppoſée directement, puiſqu'elle eſtoit compriſe des lignes AN, BQ, qui ſont les diametres conjuguez des ellipſes qui ont A & B pour centres, à l'égard des diametres qui ſont dans la droite AB. Et c'eſt ainſi que j'ay compris, ce qui m'avoit paru fort difficile, comment un rayon perpendiculaire à une ſurface pouvoit ſouffrir refraction en entrant dans le corps tranſparent; voyant que l'onde RC, eſtant venue à l'ouverture AB, continuoit de là en avant à s'étendre entre les paralleles AN, BQ demeurant pourtant elle meſme touſiours parallele à AB, de ſorte qu'icy la lumiere ne s'étend pas par des lignes

perpendiculaires à ſes ondes, comme dans la refraction ordinaire, mais ces lignes coupent les ondes obliquement.

25. Cherchant enſuite quelle pouvoit eſtre la ſituation, & forme de ces ſpheroides dans le criſtal, je conſideray que toutes les ſix faces produiſoient preciſement les meſmes refractions. Reprenant donc le parallelepipede A F B, dont l'angle ſolide obtus, compris de trois angles plans égaux, eſt C; & y concevant les trois ſections principales, dont l'une eſt perpediculaire à la face D C, & paſſe par le coſté C F, l'autre perpendiculaire à la face B F, paſſant par le coſté C A, & la troiſiéme perpendiculaire à la face A F, paſſant par le coſté B C; je ſçavois que les refractions des rayons incidens, apartenans à ces trois plans, éſtoient toutes pareilles. Mais il ne pouvoit y avoir de poſition de ſpheroide qui eut un meſme rapport à ces trois ſections ſinon de celuy dont l'axe fût auſſi l'axe de l'angle ſolide C. Partant je vis que l'axe de cet angle, c'eſt-à-dire la droite qui du point C traverſoit le criſtal avec inclinaiſon égale aux coſtez, C F, C A, C B, éſtoit la ligne qui determinoit la poſition des axes de toutes les ondes ſpheroides qu'on s'imaginoit naiſtre de quelque point, pris au dedans ou à la ſurface du criſtal, puiſque tous ces ſpheroides devoient eſtre ſemblables, & avoir leurs axes paralleles entre eux.

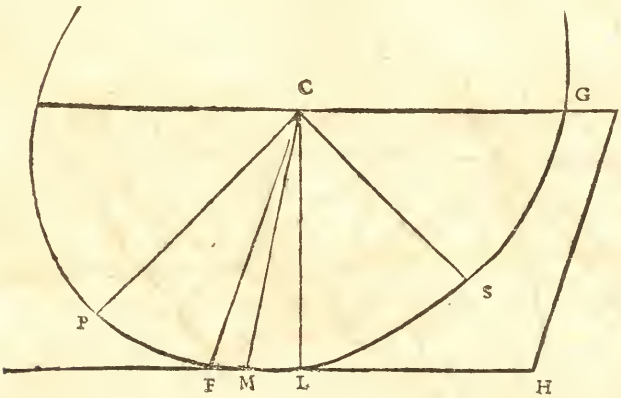


26. Conſiderant apres cela le plan de l'une de ces trois ſections, ſçavoir de celle par G C F, dont l'angle C eſt de 109 degr. 3 min. puis que l'angle F eſtoit cy deſſus de 70. degr. 57. min. & imaginant une onde ſpheroïde autour du centre C; je ſçavois, parce que je viens d'expliquer, que ſon axe devoit eſtre dans ce meſme plan, duquel axe je marquay la moitié par C s dans cette

autre

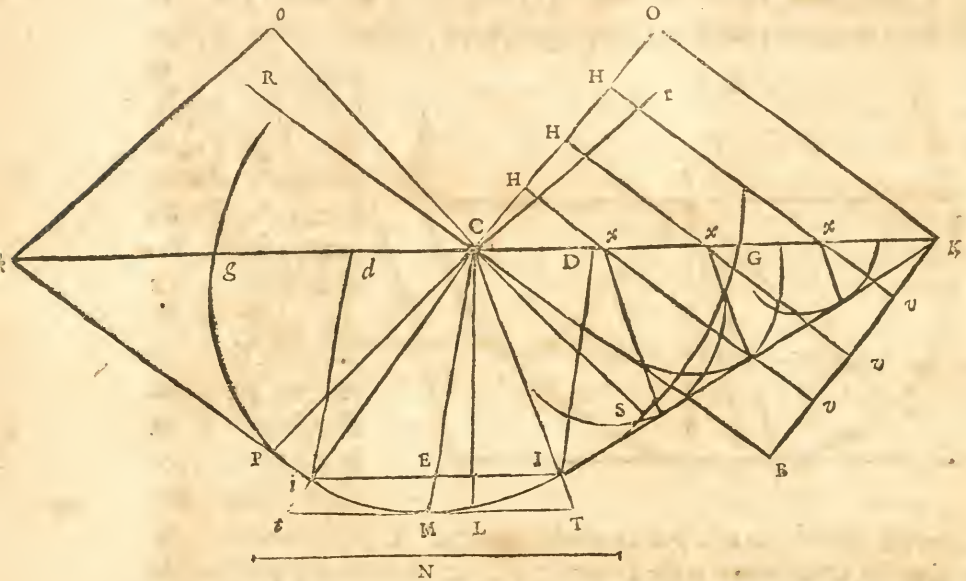
autre figure, & cherchant par le calcul (qui sera raporté avec les autres à la fin de ce discours) l'angle G C S, je le trouvay de 45 deg. 20 min.

27. Pour connoitre apres cela la forme de ce spheroïde, c'est-à-dire la proportion des demidiametres C S, C P de sa section elliptique, qui sont l'un à l'autre perpendiculaires, je considéray que le point M, où l'Ellipse est touchée par la droite F H, parallele à C G, devoit estre tellement située, que C M avec la perpendiculaire C L fist un angle de 6 degrez, 40. minutes. Parce que, cela estant, cette ellipse satisfaisoit à ce qui a esté dit de la refraction du rayon perpendiculaire à la surface C G, lequel s'écarte de la perpendiculaire C L par ce mesme angle. Ce qui éstant donc ainsi posé, & faisant C M de 100000 parties, je trouvay par le calcul, qui sera mis à la fin, le demi grand diametre C P de 105032, & le demi axe C S de 93410, dont la raison & fort prés comme de 9 à 8. de sorte que le spheroide éstoit de ceux qui ressemblent à une sphere comprimée, estant produit par la circulation d'une ellipse à l'entour de son petit diametre. Je trouvay aussi C G, demidiametre parallele à la tangente M L, de 98779.



28. Or passant à la recherche des refractions que les rayons incidens obliques devoient faire, suivant l'hypothese de ces ondes spheroides, je vis que ces refractions dependoient de la pro-

proportion de la viteſſe qui eſt entre le mouvement de la lumiere hors du criſtal dans l'éther, & le mouvement au dedans du meſme. Car ſuppoſant par exemple que cette proportion fût telle que, pendant que la lumiere dans le criſtal fait le ſpheroide GSP, tel que je viens de dire, elle faſſe au dehors une ſphere dont le demidiametre ſoit égal à la ligne N, laquelle ſera determinée



cy apres; voicy la maniere de trouver la refraction des rayons incidens. Soit un tel rayon R C, qui tombe ſur la ſurface C K. Il faut faire C O perpendiculaire à R C, & dans l'angle K C O ajuſter O K, qui ſoit égale à N, & perpendiculaire à C O; puis mener K I qui touche l'Ellipſe G S P, & du point de contact I joindre I C, qui ſera la refraction requiſe du rayon R C. Dont on verra que la demonſtration eſt tout à fait ſemblable à celle dont nous nous ſommes ſervis en expliquant la refraction ordinaire. Car la refraction du rayon R C n'eſt autre choſe que le progrés de

de l'endroit c de l'onde c o, continuée dans le criſtal. Or les endroits H de cette onde, pendant le temps que O eſt venu en K, ſeront arrivez à la ſurface c K par les droites H *x*, & auront de plus produit, dans le criſtal, des ondes particulieres hemiſpheroides des centres *x*, ſemblables & ſemblablement poſées avec l'hemiſpheroide G S P *g*; & dont les grands & les petits diametres auront meſme raiſon aux lignes *x v* (continuations des H *x* juſqu'à K B, parallele à c O) que les diametres du ſpheroide G S P ont à la ligne C B, ou N. Et il eſt bien aiſé de voir que la commune tangente de tous ces ſpheroides, qui ſont icy repreſentez par des Ellipſes, ſera la droite I K: qui pour cela ſera la propagation de l'onde c O, & le point I celle du point c, conformement à ce qui a eſté demonſtré dans la refraction ordinaire.

Pour ce qui eſt de l'invention du point de contact I, l'on ſçait qu'il faut trouver aux lignes C K, C G la troiſiéme proportionelle C D, & tirer D I parallele à C M, determinée cy-devant, qui eſt le diametre conjugué à C G; car alors, en menant K I, elle touche l'Ellipſe en I.

29. Or de meſme que nous avons trouvé c I la refraction du rayon R c, l'on trouvera auſſi c *i* celle du rayon *r* c, qui vient du coſté oppoſé, en faiſant c *o* perpendiculaire à *r* c, & pourſuivant le reſte de la conſtruction ainſi qu'auparavant.

Où l'on voit que ſi le rayon *r* c eſt également incliné avec R C, la ligne C *d* ſera neceſſairement égale à C D, parce que C *k* eſt égale à C K, & C *g* à C G. Et que par conſequent I *i* ſera coupée en E en parties égales par la ligne C M, à laquelle D I, *d i* ſont paralleles. Et parce que C M eſt le diametre conjugué à C G, il s'enſuit que *i* I ſera parallele à *g* G. Partant ſi on prolonge les refractions C I, C *i*, juſqu'à ce qu'elles rencontrent la tangente M L en T & *t*, les diſtances M T, M *t* ſeront auſſi égales. Et ainſi s'explique parfaitement, par noſtre hypotheſe, le phé-

nomene cy dessus raporté; sçavoir que quand il y a deux rayons également inclinez, mais venant de costez opposez, comme icy les rayons R C, *r* C, leurs refractions s'ecartent également de la ligne que suit la refraction du rayon p rpendiculaire, en considerant ces escarts dans la parallele à la surface du cristal.

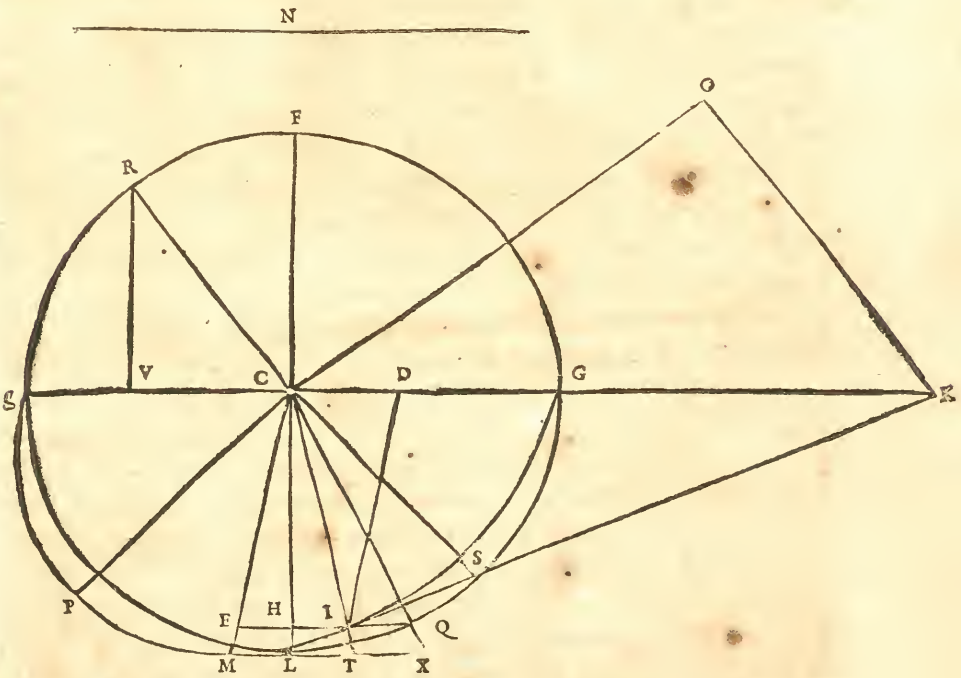
30. Pour trouver la longueur de la ligne N, à proportion des C P, C S, C G, c'est par les observations de la refraction irreguliere qui se fait dans cette section du cristal, qu'elle se doit determiner; & je trouve par là que la raison de N à G C est tant soit peu moindre que de 8 à 5. Et ayant encore égard à d'autres observations & phenomenes, dont il sera parlé apres, je mets N de 156962 parties, desquelles le demidiametre C G est trouvé en contenir 98779; ce qui fait cette raison de 8 à $5\frac{1}{79}$. Or cette proportion, qui est entre la ligne N & C G, se peut appeller la Proportion de la Refraction; de mesme que dans le verre celle de 3 à 2; comme il sera manifeste aprés que j'auray expliqué icy un abregé de la maniere precedente pour trouver les refractions irregulieres.

31. Supposé donc, dans cette autre figure, comme auparavant, la surface du cristal *g* G, l'Ellipse G P *g*, & la ligne N; & C M la refraction du rayon perpendiculaire F C, duquel elle s'écarte de 6 degrez, 40 minutes, soit maintenant quelqu'autre rayon R C, dont il faille trouver la refraction.

Du centre C, avec le demidiametre C G, soit decrite la circonference *g* R G, coupant le rayon R C en R; & soit R V perpendiculaire sur C G. Puis tousjours, comme la ligne N à C G ainsi soit C V à C D, & soit menée D I parallele à C M, coupant l'Ellipse *g* M G en I; alors joignant C I, ce sera la refraction requise du rayon R C. Ce qui se demonstre ainsi.

Soit C O perpendiculaire à C R, & dans l'angle O C G soit ajustée O K égale à N, & perpendiculaire à C O, & menée la droite

droite K I, laquelle si elle est demontrée touchante de l'Ellipse en I, il sera evident, par les choses cy devant expliquées, que C I est la refraction du rayon R C. Or puisque l'angle R C O est droit, il est aisé de voir que les triangles rectangles R C V, K C O sont semblables. Comme donc C K à K O ainsi R C à C V. Mais K O est égale à N, & R C à C G: donc comme C K à N ainsi sera



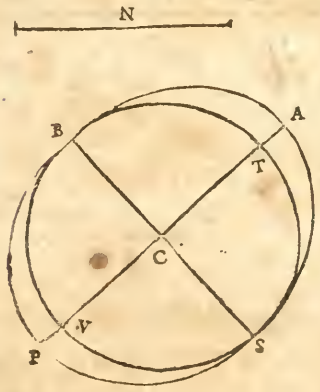
C G à C V. Mais comme N à C G ainsi est, par la construction, C V à C D. Donc comme C K à C G ainsi C G à C D. Et parce que D I est parallele à C M, diametre conjugué de C G, il s'ensuit que K I touche l'Ellipse en I; ce qui restoit à demonstrer.

32. L'on voit donc que comme il y a, dans la refraction des diaphanes ordinaires, une certaine proportion constante entre

les Sinus des angles que font le rayon incident, & rompu, avec la perpendiculaire, il y a icy une telle proportion entre C V & C D, ou I E; c'eſt à dire, entre le Sinus de l'angle que fait le rayon incident avec la perpendiculaire, & l'appliquée dans l'Ellipſe, interceptée entre la refraction de ce rayon, & le diametre C M. Car la raiſon de C V à C D, comme il a eſté dit, eſt tousjours la meſme que de N au demidiametre C G.

33. J'adjouteray icy, devant que de paſſer outre, qu'en comparant enſemble la refraction reguliere, & irreguliere de ce criſtal, il y a cela de remarquable que, ſi A B P S eſt le ſpheroide par lequel s'éſtend la lumiere dans le Criſtal dans un certain eſpace de temps; laquelle extenſion, comme il a eſté dit, ſert à la refraction irreguliere; alors la ſphere inſcrite B V S T eſt l'étendue, dans ce meſme eſpace de temps, de la lumiere qui ſert à la refraction reguliere.

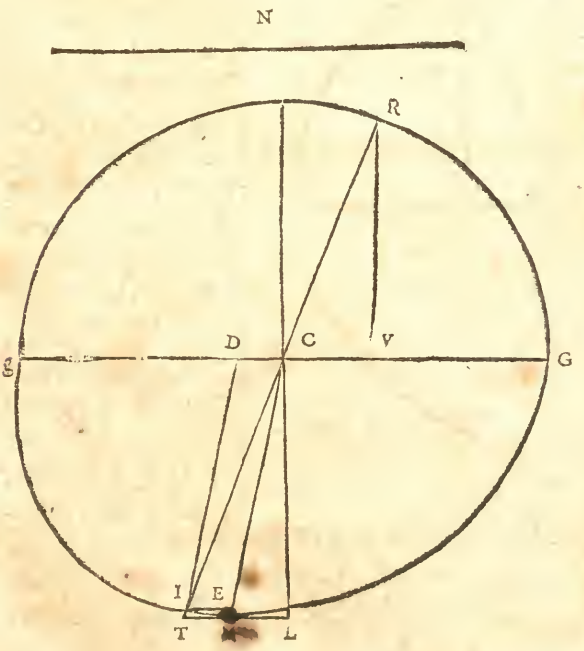
Car nous avons dit cy devant, que, la ligne N eſtant le rayon d'une onde ſpherique de lumiere dans l'air, pendant que dans le criſtal elle s'éſtendoit par le ſpheroide A B P S, la raiſon de N à C S eſtoit de 156962 a 93410. Mais il a auſſi eſté dit que la proportion de la refraction reguliere eſtoit de 5 à 3; c'eſt à dire que, N eſtant le rayon d'une onde ſpherique de lumiere dans l'air, ſon extenſion dans le criſtal faiſoit, en meſme eſpace de temps, une ſphere dont le rayon eſtoit à N, comme 3 à 5. Or 156962 eſt à 93410 comme 5 à 3 moins $\frac{1}{11}$. De ſorte que c'eſt aſſez prés, & peut eſtre exactement, la ſphere B V S T que fait la lumiere pour la refraction reguliere dans le criſtal, pendant qu'elle y fait le ſpheroide B P S A pour



pour la refraction irreguliere, & cependant qu'elle fait la sphere au rayon N en l'air, hors du cristal.

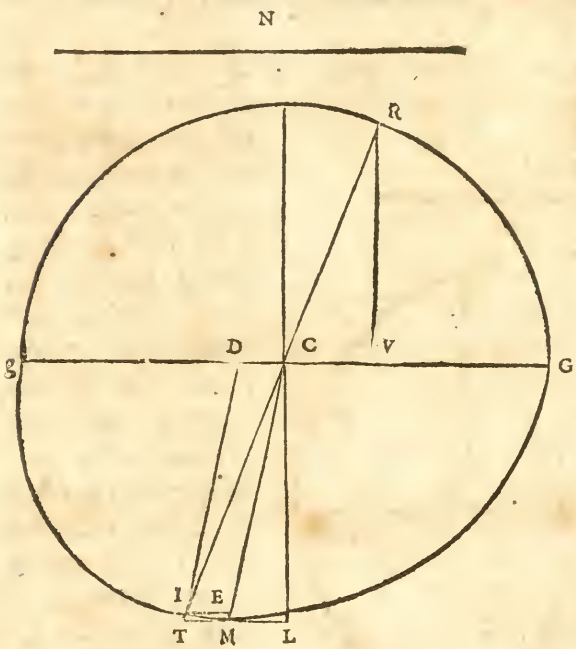
Quoyqu'il y ait donc, selon ce que nous avons posé, deux differentes extensions de la lumiere dans ce cristal, il paroit que c'est seulement dans le sens des perpendiculaires à l'axe B S du spheroide, que l'une des extensions est plus vite que l'autre; mais qu'elles sont d'égale viteſſe en l'autre sens, sçavoir en celuy des paralleles au mesme axe B S, qui est aussi l'axe de l'angle obtus du cristal.

34. Je montreray maintenant que, la proportion de la refraction estant telle que l'on vient de voir, il faut qu'il s'ensuive de là cette proprieté notable du rayon qui, tombant obliquement sur la surface du cristal, le passe sans souffrir de refraction. Car supposant les mesmes choses que devant, & que le rayon R C face sur la surface g G l'angle R C G de 73 degrez, 20 min. penchant du mesme costé que le cristal, duquel rayon il a esté parlé dessus: si l'on cherche, par la maniere cy devant expliquée, sa refraction C I; l'on trouvera qu'el-



le fait juſtement une droite avec R C, & qu'ainſi ce rayon ne ſe detourne point du tout, conformement à l'experience. Ce qui ſe prouve ainſi par le calcul.

C G ou C R eſtant, comme deſſus, 98779; C M 100000, & l'angle R C V de 73 degr. 20 min.; C V ſera 28330. Mais parce que C I eſt la refraction du rayon R C, la proportion de C V à C D eſt celle de 156962 à 98779, ſçavoir de N à C G: donc C D eſt 17828.

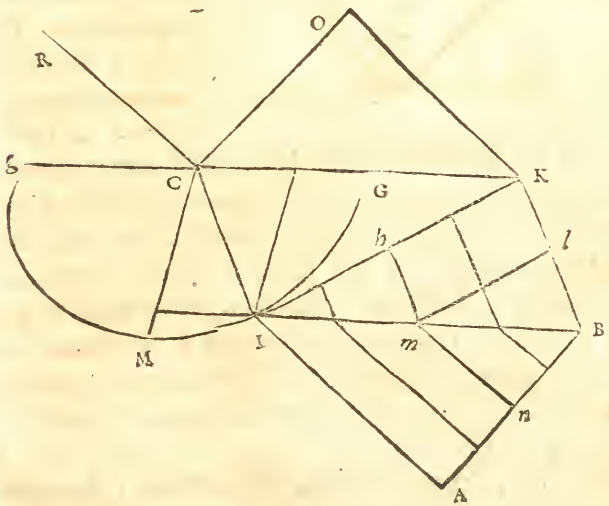


Or comme le quarré de C G au quarré de C M, ainſi le rectangle g D G au quarré D I; donc D I, ou C E ſera 98353. Mais comme C E à E I, ainſi C M à M T; qui ſera donc 18127. Et eſtant adjoutée à M L, qui eſt 11609 (ſçavoir le ſinus de l'angle L C M de 6 degrez, 40 min. en ſuppoſant C M 100000 pour rayon) vient L T 27936; qui eſt à L C 99324, comme C V à V R, c'eſt-à-dire comme 29938, tangente du complement de l'angle R C V de 73 degr. 20 min. au rayon des Tables. D'où il paroit que R C I T eſt une ligne droite: ce qu'il faloit prouver.

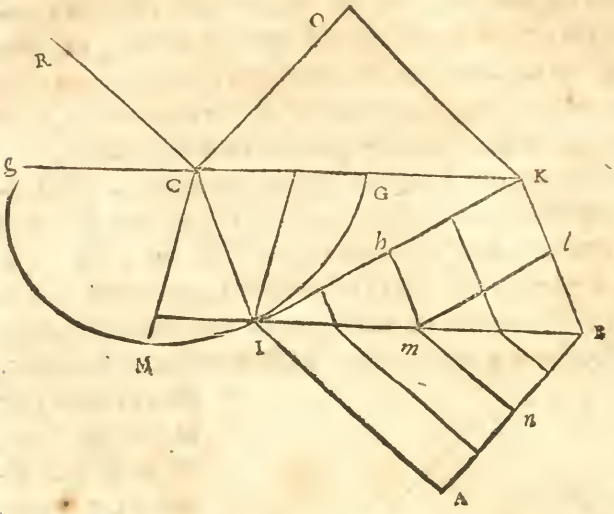
35. L'on verra de plus que le rayon C I, en ſortant par la ſurface

face oppoſée du criſtal, doit encore paſſer tout droit, par la demonſtration ſuivante; qui prouve que la reciprocation des refractions s'obſerve dans ce criſtal de meſme que dans les autres corps diaphanes, c'eſt-à-dire que ſi un rayon R C, en rencontrant la ſurface du criſtal C G, ſe rompt en C I; le rayon C I, ſortant par la ſurface oppoſée & parallele du criſtal, que je ſuppoſe eſtre I B, aura ſa refraction I A parallele au rayon R C.

Soient poſées les meſmes choſes qu'auparavant, c'eſt-à-dire que C O, perpendiculaire à C R, repreſente une portion d'onde, dont la continuation dans le criſtal ſoit I K, de ſorte que l'endroit C ſe ſera continué par la droite C I, pendant que O eſt venu en K. Que ſi l'on prend maintenant un ſecond temps égal au premier, l'endroit K de l'onde I K, dans ce ſecond temps, ſera avancé par la droite K B, égale & parallele à C I; parce que tout endroit de l'onde C O, en arrivant à la ſurface C K, doit continuer dans le criſtal de meſme que l'endroit C; & dans ce meſme temps il ſe fera du point I, dans l'air, une onde ſpherique particuliere ayant le demidiametre I A égal à K O, puiſque K O a eſté parcouruë dans un temps égal. De meſme ſi l'on conſidere quelqu'autre point de l'onde I K, comme b, il



h, il ira par *h m*, parallele à C I, rencontrer la surface I B, pendant que le point K parcourt K *l* égale à *h m*: & pendant que celuy cy a cheve le reste *l* B, il se sera fait du point *m* une onde particuliere, dont le demidiametre *m n*, aura telle raison à *l* B que I A à K B. D'où il est évident que cette onde du demidiametre *m n*, & l'autre du demidiametre I A, auront la mesme tangente B A. Et de mesme toutes les ondes particulieres spheriques qui se seront faites hors du cristal par l'impulsion de tous les points de l'onde I K contre la surface de l'Ether I B. C'est donc precisement la tangente B A qui sera, hors du cristal, la continuation de l'onde I K, lorsque l'endroit K est venu en B. Et par consequent I A, qui est perpendiculaire à B A, sera la refraction du rayon C I, en sortant du cristal. Or il est clair que I A est parallele au rayon incident R C, puisque I B est égale à C K, & I A égale à K O, & les angles A & O droits.

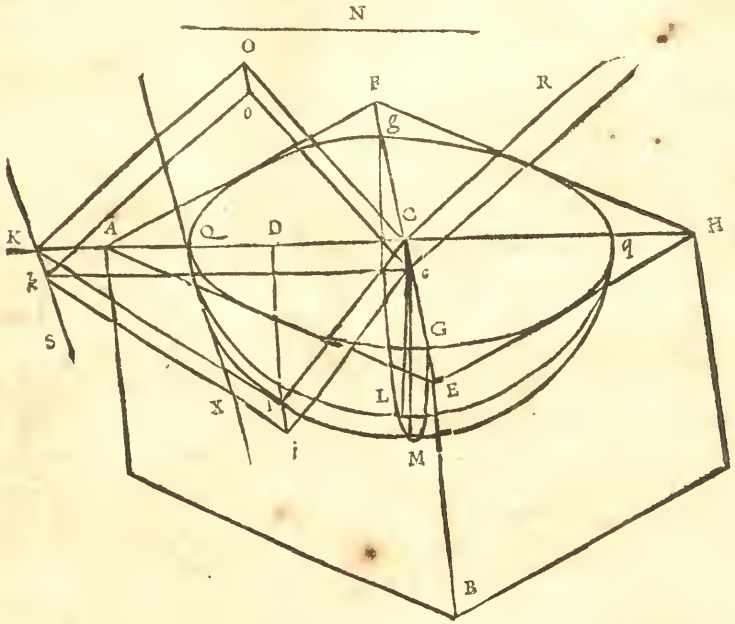


L'on voit donc que, suivant nostre hypothese, la reciprocation des refractions a lieu dans ce cristal, aussi bien que dans les corps transparens ordinaires; ce qui se trouve ainsi en effet par les observations.

36. Je passe maintenant à la consideration des autres sections du

du criſtal, & des refractions qui s'y produiſent, deſquelles, comme l'on verra, dependent d'autres phenomenes fort remarquables.

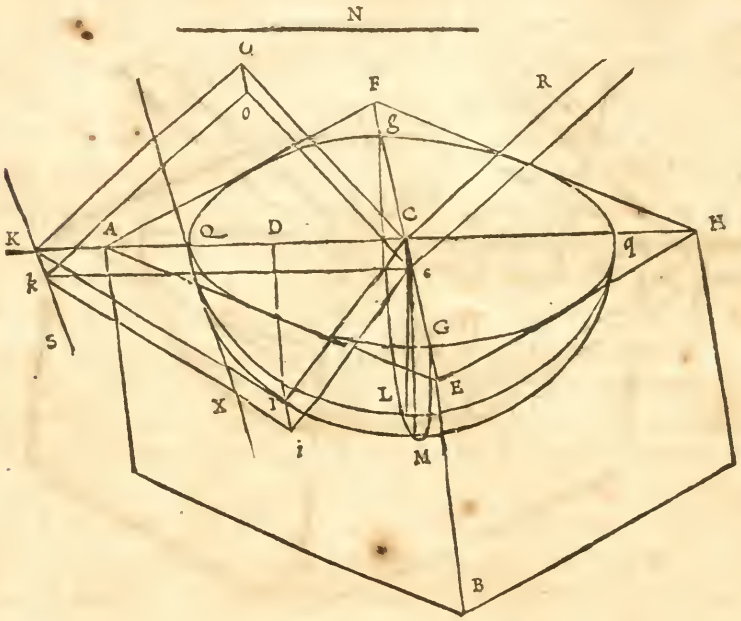
Soit le parallelepipede du criſtal A B H, & la ſurface d'en haut A E H F un rombe parfait, dont les angles obtus ſoient di-



viſez également par la droite E F, & les angles aigus par la droite A H, perpendiculaire à F E.

La ſection, que nous avons conſiderée juſqu'icy, eſt celle qui paſſe par les lignes E F, E B, & qui en meſme temps coupe le plan A E H F à angles droits; de laquelle les refractions ont cela de commun avec les refractions des diaphanes ordinaires, que le plan qui eſt mené par le rayon incident, & qui coupe à angles droits la ſurface du criſtal, eſt celuy dans lequel ſe trouve auſſi le

rayon rompu. Mais les refractions qui appartienent à toute autre ſection de ce criſtal, ont cette etrange proprieté, que le rayon rompu ſort tousjours du plan du rayon incident, perpendiculaire à la ſurface, & ſe detourne du coſté du panchant du criſtal. De quoy nous ferons voir la raiſon premierement dans la



ſection par A H; & nous montrerons en meſme temps, comment on y peut determiner les refractions ſuivant noſtre hypotheſe. Soit donc dans le plan qui paſſe par A H, & qui eſt perpendiculaire au plan A F H E, le rayon incident R C; & qu'il faille trouver ſa refraction dans le criſtal.

37. Du centre C, que je ſuppoſe eſtre dans l'interſection de A H & F E, ſoit imaginé un demi ſpheroide Q G *q g* M, tel que doit faire la lumiere en s'éſtendant dans le criſtal, & que ſa ſection

ction, par le plan AEHF, faſſe l'Ellipſe QG*qg*; dont le grand diametre Q*q*, qui eſt dans la ligne AH, ſera neceſſairement un des grands diametres du ſpheroide; parce que l'axe du ſpheroide eſtant dans le plan par FEB, auquel QC eſt perpendiculaire, il s'enſuit que QC eſt auſſi perpendiculaire à l'axe du ſpheroide, & partant Q C *q* un de ſes grands diametres. Mais le petit diametre de cette Ellipſe, G*g*, aura à Q*q* la raiſon qui a eſté definie cy devant, N°. 27, entre CG & le demi grand diametre du ſpheroide, CP, ſçavoir celle de 98779 à 105032.

Soit la longueur de la ligne N le trajet de la lumiere dans l'air, pendant que dans le criſtal, du centre C, elle fait le ſpheroide QG*qg*M; &, ayant mené CO perpendiculaire au rayon CR, & qui ſoit dans le plan par CR & AH, ſoit ajuſtée, dans l'angle ACO, la droite OK égale à N, & perpendiculaire à CO, & qu'elle rencontre la droite AH en K. Poſant enſuite que CL ſoit perpendiculaire à la ſurface du criſtal AEHF, & que CM ſoit la refraction du rayon qui tombe perpendiculairement ſur cette meſme ſurface, ſoit mené un plan par la ligne CM & par KCH, faiſant dans le ſpheroide la demiellipſe QM*q*, qui ſera donnée, puiſque l'angle MCL eſt donné de 6 degr. 40 min. Et il eſt certain, ſuivant ce qui à eſté expliqué cy deſſus, N°. 27, qu'un plan qui toucheroit le ſpheroide au point M, où je ſuppoſe que la droite CM rencontre ſa ſurface, ſeroit parallele au plan QG*q*. Si donc par le point K l'on tire maintenant KS parallele à G*g*, qui ſera auſſi parallele à QX, tangente de l'Ellipſe QG*q* en Q, & que l'on conçoive un plan paſſant par KS, & qui touche le ſpheroide; le point de contact ſera neceſſairement dans l'Ellip- QM*q*, par ce que ce plan par KS, auſſi bien que le plan qui touche le ſpheroide au point M, ſont paralleles à QX tangente du ſpheroide: car cette conſequence ſera demontrée à la fin de ce Traité. Que ce point de contact ſoit en I, faiſant proportionelles KC, QC, DC, & menant DI parallele à CM; & qu'on

joigne C I. Je dis que C I ſera la refraction requiſe du rayon R C. Ce qui ſera manifeſte ſi, en conſiderant C O, qui eſt perpendiculaire au rayon R C, comme une portion d'onde de lumiere, nous demontrons que la continuation de ſon endroit C ſe trouve dans le criſtal en I, lorſque O eſt arrivé en K.

38. Or comme en demontrant, au Chap. de la Reflexion, que le rayon incident & reflechi éſtoient tousjours dans un meſme plan perpendiculaire à la ſurface reflechiſſante, nous avons conſidere la largeur de l'onde de lumiere; de meſme il faut conſiderer icy la largeur de l'onde C O dans le diametre G *g*. Prenant donc la largeur C *c* du coſté de l'angle E, ſoit pris le rectangle C O *oc* comme une portion d'onde, & achevons les rectangles C K *kc*, C I *ic*, K I *ik*, O K *ko*. Dans le temps donc que la ligne O *o* eſt arrivée à la ſurface du criſtal en K *k*, tous les points de l'onde C O *oc* ſont arrivez au rectangle K *c* par des lignes paralleles à O K, & des points de leurs incidences il s'eſt, outre cela, fait des demiſpheroides particuliers dans le criſtal, ſemblables & ſemblablement poſez au demiſpheroide Q M *q*; leſquels vont neceſſairement tous toucher au plan du parallelogr. K I *ik* au, meſme inſtant que O *o* eſt en K *k*. Ce qui eſt aiſé à comprendre, puiſque tous ceux de ces demiſpheroides, qui ont leur centre le long de la ligne C K, touchent à ce plan dans la ligne K I, (car cela ſe demonſtre de la meſme façon que nous avons demonſtré la refraction du rayon oblique dans la ſection principale par E F) & que tous ceux, qui ont leurs centres dans la ligne C *c*, touchent le meſme plan K *i* dans la ligne I *i*; eſtant tous ceux cy pareils au demiſpheroide Q M *q*. Puiſque donc le rectangle K *i* eſt celuy qui touche tous ces ſpheroides, ce meſme rectangle ſera preciſement la continuation de l'onde C O *oc* dans le criſtal, lorſque O *o* eſt parvenue en K *k*, à cauſe de la termination du mouvement, & de la quantité qui s'y en trouve plus que par tout ailleurs: & ainſi il paroit que l'endroit

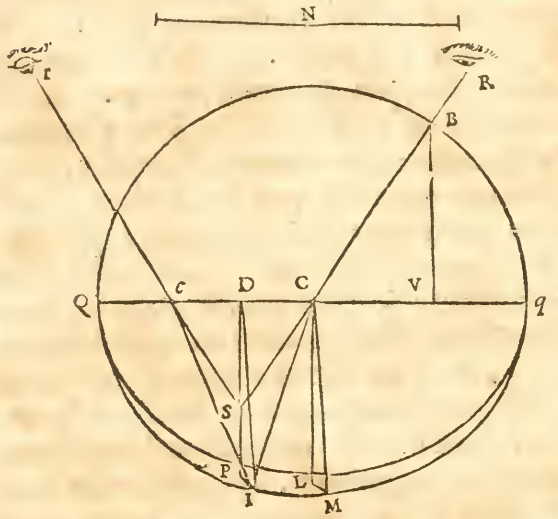
droit C de l'onde C O *o c* a ſa continuation en I, c'eſt-à-dire que le rayon R C ſe rompt en C I.

Où il eſt à noter, que la proportion de la refraction pour cette ſection du criſtal eſt celle de la ligne N au demidiametre C Q: par laquelle on trouvera facilement les refractions de tous les rayons incidens, de la meſme maniere que nous avons montré cy devant pour ce qui eſt de la ſection par F E; & la demonſtration ſera la meſme. Mais il paroit que ladite proportion de la refraction eſt moindre icy que dans la ſection par F E B; car elle eſtoit là comme de N à C G, c'eſt-à-dire de 156962 à 98779, fort prés comme de 8 à 5; & icy elle eſt de N à C Q demi grand diametre du ſpheroide, c'eſt-à-dire de 156962 à 105032, fort prés comme de 3 à 2, mais tant ſoit peu moindre. Ce qui s'accorde encore parfaitement à ce que l'on trouve par obſervation.

39. Au reſte cette diverſité de proportions de refraction produit un effet fort ſingulier dans ce Criſtal, qui eſt qu'en le poſant ſur un papier, où il y ait des lettres ou autre choſe marquée; ſi on regarde deſſus, avec les deux yeux ſituez dans le plan de la ſection par E F, on voit les lettres plus elevées par cette refraction irreguliere, que lorſqu'on met les yeux dans le plan de la ſection par A H; & la difference des élevations paroit par l'autre refraction ordinaire de ce criſtal, dont la proportion eſt comme de 5 à 3, & qui éleve ces lettres touſjours egalement, & plus haut que ne fait la refraction irreguliere. Car on voit les lettres, & le papier où elles ſont écrites, comme dans deux étages differens tout à la fois; & dans la premiere ſituation des yeux, ſçavoir quand ils ſont dans le plan par A H, ces deux étages ſont quatre fois plus eloignez l'un de l'autre que lors que les yeux ſont dans le plan par E F.

Nous montrerons que cet effet s'enſuit de ces refractions ; ce qui ſervira en meſme temps à faire connoitre le lieu apparent d'un point d'objet, placé immediatement ſous le criſtal, ſuivant la differente ſituation des yeux.

40. Voions premierement de combien la refraction irreguliere du plan par AH doit hauſſer le fond du criſtal. Que le plan de cette figure icy repreſente ſeparement la ſection par Q*q* & CL, dans laquelle ſection eſt auſſi le rayon RC, & que le plan demiellipti-



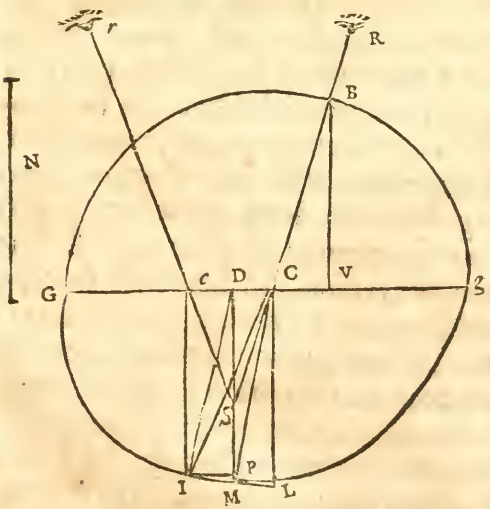
que, par Q*q* & CM, ſoit incliné au premier, comme auparavant, d'un angle de 6 deg. 40 min. dans lequel plan eſt donc CI la refraction du rayon RC.

Que ſi l'on conſidere maintenant le point I comme au fond du Criſtal, & qu'il ſoit vû par les rayons ICR, I*cr*, rompus egalement aux points c*c*, qui doivent eſtre également diſtans de D ; & que ces rayons rencontrent les deux yeux en R*r*. Il eſt certain que le point I paroitra elevé en S, ou concourent les droites RC, *rc* ; lequel point S eſt dans DP, perpendiculaire à Q*q*. Et ſi ſur DP on mene la perpendiculaire IP, qui ſera toute couchée au fond du criſtal, la longueur SP ſera l'exhauſſement apparent du point I au deſſus de ce fond.

Soit

Soit decrit ſur Q q un demi cercle, qui coupe le rayon C R en B, d'où ſoit menée B V perpendiculaire à Q q; & que la proportion de la refraction pour cette ſection ſoit, comme devant, celle de la ligne N au demidiametre C Q.

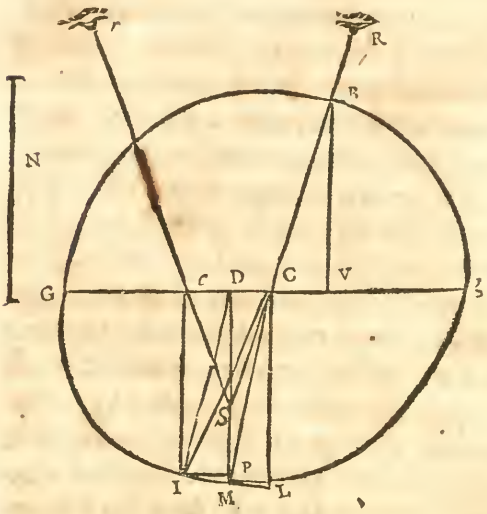
Donc comme N à C Q ainſi eſt V C à C D, comme il paroit par la maniere de trouver les refractions que nous avons monſtrée cy deſſus No. 31, mais comme V C à C D, ainſi V B à D S. Donc comme N à C Q ainſi V B à D S. Soit M L perpendiculaire ſur C L. Et parce que je ſuppoſe les yeux R r eloignez du criſtal d'un pied ou environ, & par conſequent l'angle R S r fort petit, il faut conſiderer V B comme egale au demidiametre C Q, & D P comme égale à C L; donc comme N à C Q ainſi C Q à D S. Mais N eſt de 156962 parties, dont C M en contient 100000 & C Q 105032. Donc D S ſera de 70283. Mais C L eſt de 99324, eſtant ſinus du complement de l'angle M C L de 6 deg. 40 min. en ſuppoſant C M pour rayon. Donc D P, conſiderée comme égale à C L, ſera à D S comme 99324 à 70283. Et ainſi ſe connoit le rehauſſement du point du fond I par la refraction de cette ſection.



41. Soit maintenant repreſentée l'autre ſection par E F, dans la figure qui eſt devant la precedente, & que G M g ſoit la demiellipſe, conſiderée au Nombre 27 & 28; qui ſe fait par la coupe d'une onde ſpheroide ayant le centre c.

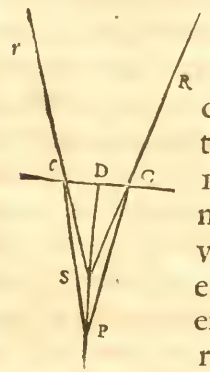
Que

Que le point I, pris dans cette ellipſe, ſoit imaginé derechef au fond du Criſtal, & qu'il ſoit vû par les rayons rompus I C R, I *c r*, qui vont rencontrer les deux yeux; eſtant C R, *c r* egalement inclinées à la ſurface du criſtal G *g*. Ce qui eſtant ainſi, ſi l'on tire I D parallele à C M, que je ſuppoſe eſtre la refraction du rayon perpendiculaire qui tomberoit ſur le point C, les diſtances D C, D *c*, ſeront egales, comme il eſt aiſé de voir par ce qui eſt demontré au nombre 28. Or il eſt certain que le point I doit paroitre en S, ou concourent les droites R C, *r c*, prolongées; & que ce point S tombe dans la ligne D P perpendiculaires à G *g*; à laquelle D P ſi l'on mene perpendiculaire I P, ce ſera la diſtance P S qui marquera le rehauſſement apparent du point I. Soit ſur G *g* decrit un demi cercle qui coupe C R en B, d'où ſoit menée B V perpendiculaire ſur G *g*; & que N à G C marque la proportion de la refraction dans cette ſection, comme au Nombre 28. Puiſque donc C I eſt la refraction du rayon B C; & D I parallele à C M; il faut que V C ſoit à C D, comme N à G C, par ce qui a eſté demonſtré au Nombre 31. mais comme V C à C D ainſi eſt B V à D S. Soit menée M L perpendiculaire ſur C L. Et par ce que je ſuppoſe derechef les yeux eloignez au deſſus du criſtal, B V eſt cenſée egale au demidiametre C G; & partant D S ſera alors troiſieme protionelle aux lignes N & C G: auſſi ſera



D P

D P alors censée égale à C L. Or C G estant de 98778 parties dont C M en contient 100000, N est de 156962. Donc D S sera de 62163. Mais C L est aussi determinée, & contient 99324 parties, comme il a esté dit N°. 53. donc la raison de P D à D S sera comme de 99324 à 62163. Et ainsi l'on sçait le rehaussement du point du fond I par la refraction de cette section; & il paroit que ce rehaussement est plus grand que par la refraction de la section precedente, puisque la raison de P D à D S estoit là comme de 99324 à 70283.



Mais par la refraction reguliere du cristal, dont nous avons dit cy dessus que la proportion estoit de 5 à 3, le rehaussement du point I ou P du fond, sera de $\frac{2}{5}$ de la hauteur D P; comme il paroit par cette figure, ou le point P estant vû par les rayons P C R P *c r*, également rompus en la surface *c c*, il faut que ce point paroisse en S, dans la perpendiculaire P D, ou concourent les droites R C, *r c* prolongées: & l'on sçait que la ligne P C à C S est comme 5 à 3, puisqu'elles sont entr'elles comme le sinus de l'angle C S P ou D S C, au sinus de l'angle S P C. Et parce que les deux yeux R *r* estant supposez beaucoup éloignez au dessus du cristal la raison de P D à D S est censée la mesme que P C à C S, le rehaussement P S sera aussi de $\frac{2}{5}$ de P D.

42. Que si l'on prend une ligne droite A B pour l'epaisseur du cristal, duquel le point B soit dans le fond, & qu'on la divise, suivant les proportions des rehaussemens trouvées, aux points C, D, E; faisant A E de $\frac{2}{5}$ A B, A B à A C comme 99324 à 70283, & A B à A D comme 99324 à 62163, ces points diviseront A B comme dans cette figure. Et l'on trouvera que cecy s'accorde parfaitement avec l'experience; c'est-à-dire qu'en pla-

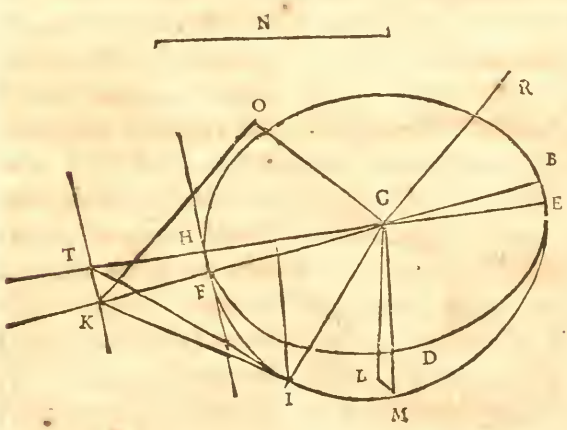
çant les yeux dans le plan qui coupe le criſtal ſuivant le petit diametre du rombe de deſſus, la refraction reguliere elevera les lettres en E, & on verra le fond, & les lettres ſur lesquelles il eſt poſé, elevées en D par la refraction irreguliere. Mais en plaçant les yeux dans le plan qui coupe le criſtal ſuivant le grand diametre du rombe de deſſus, la refraction reguliere elevera les lettres en E comme auparavant; mais la refraction irreguliere les fera en meſme temps paroitre elevées en C ſeulement. En ſorte que l'intervalle C E ſera quadruple de l'intervalle E D, qu'on voyoit auparavant.

43. Je n'ay que faire de remarquer icy que, dans toutes les deux poſitions des yeux, les images, cauſées par la refraction irreguliere, ne paroiſſent pas directement au deſſous de celles qui procedent de la refraction reguliere, mais qu'elles s'en écartent, en s'éloignant d'avantage de l'angle ſolide equilateral du Criſtal; parce que cela s'enſuit de tout ce qui a eſté demonſtré juſqu'icy de la refraction irreguliere, & qu'il eſt ſurtout evident par ces dernieres demonſtrations: où l'on voit que le point I paroit par la refraction irreguliere en S, dans la perpendiculaire D P; dans laquelle doit auſſi paroitre l'image du point P par la refraction reguliere, mais non pas l'image du point I, qui ſera à peu prés directement au deſſus de ce meſme point, & plus haute que S.

Mais pour ce qui eſt du rehauſſement apparent du point I dans les autres poſitions des yeux au deſſus du criſtal, outre les deux poſitions que nous venons d'examiner; l'image de ce point paroitra tousjours par la refraction reguliere entre les deux hauteurs de D & C, paſſant de l'une à l'autre, à meſure qu'on tourne à l'entour du criſtal immobile en regardant deſſus. Et tout cecy ſe trouve encore conforme à noſtre hypotheſe, comme un chacun pourra s'en aſſurer, aprés que j'auray monſtré icy la

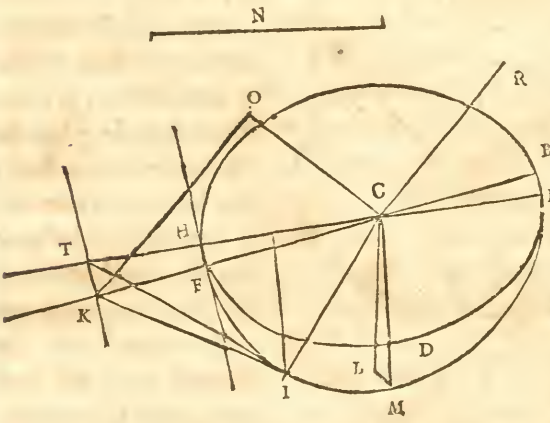
la maniere de trouver les refractions irregulieres, qui apartienent à toutes les autres sections du cristal, outre les deux que nous avons considereés. Posons quelqu'une des faces du cristal, dans laquelle soit l'Ellipse H D E, dont le centre C soit aussi le centre du spheroide H M E, dans lequel s'etend la lumiere, & dont ladite Ellipse est la section. Et que le rayon incident soit R C, dont il faille trouver la refraction.

Soit mené un plan passant par le rayon R C, & qui soit perpendiculaire au plan de l'ellipse H D E, le coupant suivant la droite B C K, & ayant dans le mesme plan par R C fait C O perpendiculaire à C R, soit dans l'angle O C K ajustée O K perpendiculaire à O C & égale à la ligne N, que je suppose marquer le trajet de la lumiere en l'air, dans le temps qu'elle s'étēd dans le cristal par le spheroide H D E M. Puis dans le plan de l'Ellipse H D E soit, par le point K, menée K T perpendiculaire à B C K. Maintenant si l'on conçoit un plan mené par la droite K T, & qui touche le spheroide H M E en I, la droite C I sera la refraction du rayon R C, comme il est assez aisé à conclurre de ce qui a esté demonstré au Nombre 36.



Mais il faut montrer comment on peut determiner le point de contact I. Soit menée à la ligne K T une parallele H F, qui touche l'Ellipse H D E, & que ce point de con-

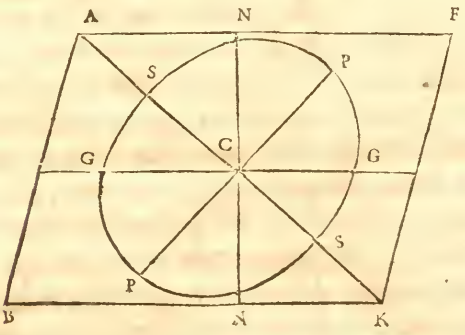
tact ſoit en H ; & ayant tiré une droite par C H, qui rencontre K T en T, ſoit imaginé par la meſme C H, & par C M, que je ſuppoſe eſtre la refraction du rayon perpendiculaire, un plan qui faſſe dans le ſpheroide la ſection elliptique H M E. Il eſt certain que le plan qui paſſera par la droite K T, & qui touchera le ſpheroide, le touchera dans un point de l'Ellipſe H M E, par le Lemme qui ſera demonſtré à la fin du Chapitre. Or ce point eſt neceſſairement le point I que l'on cherche, puiſque le plan mené par T K ne peut toucher le ſpheroide qu'en un point. Et ce point I eſt aiſé à determiner, puisqu'il ne faut que mener du point T, qui eſt dans le plan de cette Ellipſe, la tangente T I, de la maniere qui a eſté montrée cy-devant. Car l'Ellipſe H M E eſt donnée, dont C H & C M ſont demidiametres conjuguez ; par ce qu'une droite menée par M, parallele à H E, touche l'Ellipſe H M E, comme il s'enſuit de ce qu'un plan mené par M, & parallele au plan H D E, touche le ſpheroide en ce point M, ce qui ſe voit N°. 27 & 23. Au reſte la poſition de cette ellipſe, à l'égard du plan par le rayon R C & par C K, eſt auſſi donnée ; par où il ſera aiſé de trouver la poſition de la refraction C I, à l'égard du rayon R C.



Or il faut noter, que la meſme ellipſe H M E ſert à trouver les refractions de tout autre rayon qui ſera dans le plan par R C & C K. Parce que tout plan, parallele à la droite H F, ou T K, qui

qui touchera le ſpheroide, le touchera dans cette ellipſe, par le Lemme cité peu devant.

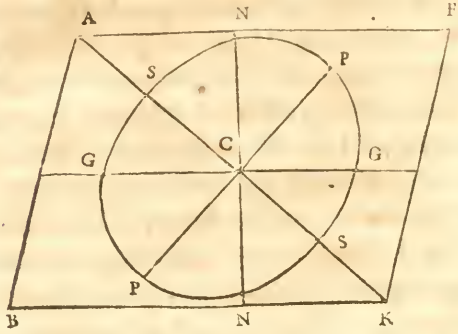
J'ay recherché ainſi par le menu les proprietez de la refraction irreguliere de ce Criſtal, pour voir ſi chaque phenomene, qui ſe deduit de noſtre hypotheſe, conviendroit avec ce qui s'obſerve en effet. Ce qui eſtant ainſi, ce n'eſt pas une legere preuve de la verité de nos ſuppoſitions & principes. Mais ce que je vais adjouter icy les confirme encore merveilleuſement. Ce ſont les coupes differentes de ce Criſtal, dont les ſurfaces, qu'elles produiſent, font naiſtre des refractions preciſement telles qu'elles doivent eſtre, & que je les avois preveuës, ſuivant la Theorie precedente.



Pour expliquer quelles ſont ces coupes, ſoit ABKF la ſection principale par l'axe du criſtal, ACK, dans laquelle ſera auſſi l'axe ss d'une onde ſpheroide de lumiere étendue dans le Criſtal du centre c; & la ligne droite, qui coupe ss par le milieu, & à angles droits, ſçavoir PP, ſera un des grands diametres.

Or comme dans la coupe naturelle du criſtal, faite par un plan parallele à deux ſurfaces oppoſées, lequel plan eſt icy repreſenté par la ligne GG, la refraction des ſurfaces qui en ſont produites ſe regle par les demiſpheroides GNG, ſuivant ce qui a eſté explique dans la Theorie precedente: de meſme en coupant le Criſtal par NN, d'un plan perpendiculaire au parallelogramme ABKF, la refraction des ſurfaces ſe devra regler par les demiſpheroides NGN: & ſi on le coupe par PP, perpen-

diculairement au dit parallelogramme, la refraction des ſurfaces ſe devra regler par les demiſpheroides P S P, & ainſi des autres. Mais je vis que ſi le plan N N eſtoit preſque perpendiculaire au plan G G, faiſant l'angle N C G, qui eſt du coſté A, de 90 degrez, 40 min. les demiſpheroides N G N devenoient ſemblables aux demiſpheroides G N G, puiſque les plans N N & G G étoient inclinez également, d'un angle de 45 degr. 20 min. ſur l'axe s s. Par conſequent il falloit, ſi noſtre theorie eſtoit vraye, que les ſurfaces que produit la ſection par N N, fiſſent toutes les meſmes refractions que les ſurfaces de la ſection par G G. Et non pas ſeulement les ſurfaces de la ſection N N, mais toutes les autres, produites par des plans qui fuſſent inclinez à l'axe s s d'un angle pareil de 45 degr. 20 min. De ſorte qu'il y avoit une infinité de coupes, qui devoient produire preciſement les meſmes refractions que les ſurfaces naturelles du criſtal, ou que la coupe parallele à quelqu'une de ces ſurfaces, qui ſe fait en le fendant.



Je vis auſſi qu'en le coupant d'un plan mené par P P, & perpendiculaire à l'axe s s, la refraction des ſurfaces devoit eſtre telle que le rayon perpendiculaire n'en ſoufriſt point du tout, & que toutefois aux rayons obliques il y euſt une refraction irreguliere, differente de la reguliere; & par laquelle les objets, placez ſous le criſtal, fuſſent moins rehauſſez que par cette autre.

Que de meſme, en coupant le criſtal de quelque plan par l'axe

l'axe s s, comme eſt le plan de cette figure, le rayon perpendiculaire ne devoit point ſouffrir de refraction; & que pour les rayons obliques, il y avoit des meſures differentes pour la refraction irreguliere, ſuivant la ſituation du plan où eſtoit le rayon incident.

Or ces choſes ſe trouverent ainſi en effet, & je ne pûs douter apres cela qu'il ne ſe rencontraſt par tout un ſuccez pareil. D'ou je conclus que l'on peut former de ce criſtal des ſolides ſemblables à ceux qui luy ſont naturels, qui produiront, dans toutes leurs ſurfaces, les meſmes refractions regulieres & irregulieres que les ſurfaces naturelles, & qui pourtant ſe fendront tout autrement, & point parallelement à aucune des faces.

Que l'on en peut faire auſſi des pyramides, ayant la baſe quarrée, pentagone, hexagone, ou de tant de coſtez que l'on voudra, dont toutes les ſurfaces ayent les meſmes refractions que les ſurfaces naturelles du criſtal, hormis la baſe, qui ne rompra point le rayon perpendiculaire. Ces ſurfaces feront chacune avec l'axe du criſtal un angle de 45 degr. 20 min. & la baſe ſera la ſection perpendiculaire à l'axe.

Qu'enfin on en peut auſſi faire des priſmes triangulaires, ou de tant de coſtez qu'on veut, dont ni les coſtez ni les baſes ne rompront point le rayon perpendiculaire, quoyque pourtant ils faſſent tous double refraction aux rayons obliques. Le cube eſt compris parmy ces priſmes; dont les baſes ſont des ſections perpendiculaires à l'axe du criſtal, & les coſtez ſont des ſections paralleles à ce meſme axe.

De tout cecy il paroit encore, que ce n'eſt point du tout dans la diſpoſition des couches dont ce criſtal paroit compoſé, & ſelon leſquelles il ſe fend en trois ſens differens, que reſide la cauſe de ſa refraction irreguliere, & que ce ſeroit en vain de l'y vouloir chercher.

Mais

Mais afin qu'un chacun, qui aura de cette pierre, puiſſe trouver, par ſa propre experience, la verité de ce que je viens d'avancer; je diray icy la maniere dont je me ſuis ſerui à la tailler, & à la polir. La taille eſt aiſée par les roüés tranchantes des lapidaires, ou de la maniere qu'on ſie le marbre; mais le poli eſt tres difficile, & en employant les moyens ordinaires, on depolit bien plutoſt les ſurfaces qu'on ne les rend luiſantes.

Apres pluſieurs eſſais, j'ay enfin trouvé qu'il ne faut point de plaque de metail pour cet uſage, mais une piece de glace de miroir rendue matte & depolie. Là deſſus, avec du ſablon fin & de l'eau, l'on adoucit peu à peu ce criſtal, de meſme que les verres de lunette, & on le polit en continuant ſeulement le travail, & en diminuant tousjours la matiere. Je n'ay ſceu pourtant le rendre d'une clarté & tranſparence parfaite; mais l'egalité, qu'acquierent les ſurfaces, fait que l'on y obſerve mieux les effets de la refraction, que dans celles qui ſe ſont faites en fendant la pierre, qui ont tousjours quelque inégalité.

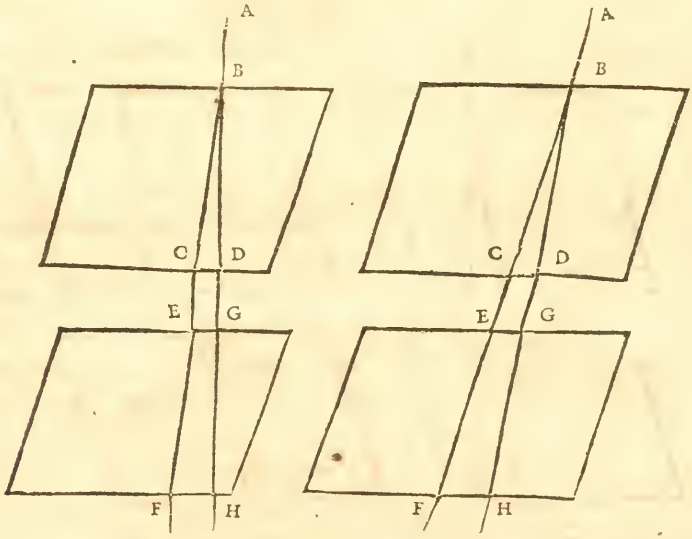
Lors meſme que la ſurface n'eſt que mediocrement adoucie, ſi on la frotte avec un peu d'huile, ou de blanc d'oeuf, elle devient fort transparente, en ſorte que la refraction s'y decouvre fort diſtinctement. Et cette aide eſt ſurtout neceſſaire, lorſque l'on veut polir les ſurfaces naturelles, pour en oſter les inégalitéz; parce qu'on ne ſçauroit les rendre luiſantes à l'egal de celles des autres ſections; qui prennent d'autant mieux le poli qu'elles ſont moins aprochantes de ces plans naturels.

Devant que de finir le traitté de ce Criſtal, j'adjouteray encore un phenomene merveilleux, que j'ay decouvert aprés avoir écrit tout ce que deſſus. Car bien que je n'en aie pas pû trouver juſqu'icy la cauſe, je ne veux pas laiſſer pour cela de l'indiquer, afin de donner occaſion à d'autres de la chercher. Il ſemble qu'il faudroit faire encore d'autres ſuppoſitions outre celles

que

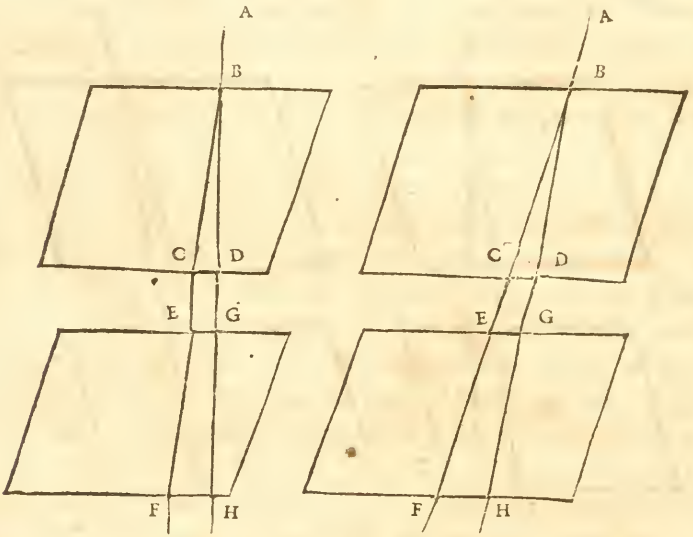
que j'ay faites ; qui ne laiſſeront pas pour cela de garder toute leur vrai-ſemblance, apres avoir eſté confirmées par tant de preuves.

Le phenomene eſt, qu'en prenant deux morceaux de ce criſtal, & les appliquant l'un ſur l'autre, ou bien les tenant avec de l'eſpace entre deux ; ſi tous les coſtez de l'un ſont paralleles à ceux de l'autre, alors un rayon de lumiere, comme A B, s'eſtant partagé en deux dans le premier morceau, ſçavoir en B D & en B C, ſuivant les deux refractions, reguliere & ir-



reguliere ; en penetrant de là à l'autre morceau, chaque rayon y paſſera ſans plus ſe partager en deux ; mais celuy qui a eſté fait de la refraction reguliere, comme icy D G, fera ſeulement encore une refraction reguliere en G H, & l'autre, C E, une irreguliere en E F. Et la meſme choſe arrive non ſeulement dans cette diſpoſition, mais auſſi dans toutes celles où la ſection princi-

pale, de l'un & de l'autre morceau, ſe trouve dans un meſme plan, ſans qu'il ſoit beſoin que les deux ſurfaces qui ſe regardent ſoient paralleles. Or il eſt merveilleux pourquoy les rayons C E & D G, venant de l'air ſur le criſtal inferieur, ne ſe partagent pas de meſme que le premier rayon A B. On diroit qu'il faut que le rayon D G, en paſſant par le morceau de deſſus, ait perdu ce qui eſt neceſſaire pour emouvoir la matiere qui ſert à la refraction irreguliere; & que C E ait pareillement perdu ce qu'il faut pour émouvoir la matiere qui ſert à la refraction



reguliere: mais il y a encore autre choſe qui renverſe ce raiſonnement. C'eſt que quand on diſpoſe les deux criſtaux en ſorte, que les plans qui font les ſections principales ſe coupent à angles droits; ſoit que les ſurfaces qui ſe regardent ſoient paralleles ou non; alors le rayon qui eſt venu de la refraction reguliere, comme D G, ne fait plus qu'une refraction irreguliere dans le

le morceau inferieur, & au contraire le rayon qui eſt venu de la refraction irreguliere, comme CE, ne fait plus qu'une refraction reguliere.

Mais dans toutes les autres poſitions infinies, outre celles que je viens de determiner, les rayons DG, CE ſe partagent derechef chacun en deux, par la refraction du criſtal inferieur; de ſorte que du ſeul rayon AB il s'en fait quatre, tantoſt d'egale clarté, tantoſt de bien moindre les uns que les autres, ſelon la diverſe rencontre des poſitions des criſtaux: mais qui ne paroiſſent pas avoir plus de lumiere tous enſemble, que le ſeul rayon AB.

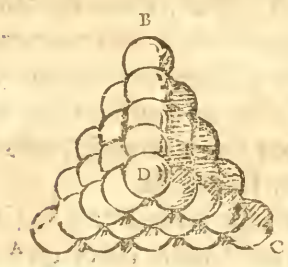
Quand on conſidere icy que, les rayons CE, DG demeurant les meſmes, il depend de la poſition qu'on donne au morceau d'en bas de les partager chacun en deux, ou de ne les point partager, là où le rayon AB ſe partage tousjours; il ſemble qu'on eſt obligé de conclure que les ondes de lumiere, pour avoir paſſé le premier criſtal, acquierent certaine forme ou diſpoſition, par laquelle en rencontrant le tiſſu du ſecond criſtal, dans certaine poſition, elles puiſſent émouvoir les deux differentes matieres qui ſervent aux deux eſpeces de refraction; & en rencontrant ce ſecond criſtal dans une autre poſition, elles ne puiſſent émouvoir que l'une de ces matieres. Mais pour dire comment cela ſe fait, je n'ay rien trouvé juſqu'icy qui me ſatisfaſſe.

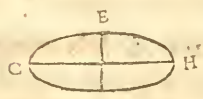
Laiſſant donc à d'autres cette recherche, je paſſe à ce que j'ay à dire touchant la cauſe de la figure extraordinaire de ce criſtal, & pourquoy il ſe fend aiſément en trois ſens differens, parallelement à quelqu'une de ſes ſurfaces.

Il y a pluſieurs corps vegetaux, mineraux, & ſels congelez, qui ſe forment avec de certains angles & figures regulieres. Ainſi parmy les fleurs il y en a beaucoup, qui ont leurs feuilles diſpoſées en polygones ordonnez, au nombre de 3. 4. 5. ou 6 coſtez; mais non pas d'avantage. Ce qui merite bien d'eſtre re-

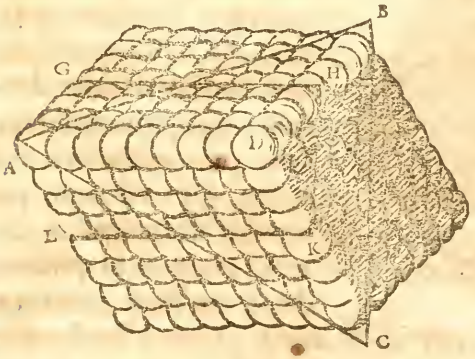
marqué; tant la figure polygone, que pourquoy elle n'excede pas ce nombre de 6.

Le Criſtal de roche croit ordinairement en baſtons hexagones, & l'on trouve des diamans qui naiſſent avec une pointe quarrée, & des ſurfaces polies. Il y a une eſpece de petites pierres plattes, entaſſées directement les unes ſur les autres, qui ſont toutes de figure pentagone, avec les angles arrondis & les coſtez un peu pliez en dedans. Les grains de ſel gris, qui naiſſent de l'eau de la mer, affectent la figure, ou du moins l'angle, du cube; & dans les congelations d'autres ſels, & de celle du ſucre, l'on trouve d'autres angles ſolides, avec des ſurfaces parfaitemẽt plattes. La neige menue tombe preſque tousjours formée en petites eſtoiles à 6 pointes, & quelques fois en hexagones dont les coſtez ſont droits. Et j'ay ſouvent obſervé, au dedans de l'eau qui commence à ſe geler, une maniere de feuilles plattes & deliées de glace, dont la raye du milieu jette des branches inclinées d'un angle de 60 degrez. Toutes ces choſes meritent d'eſtre recherchées ſoigneuſement, pour reconnoitre comment & par quel artifice la nature y opere. Mais ce n'eſt pas maintenant mon deſſein de traiter entierement cette matiere. Il ſemble qu'en general la regularité, qui ſe trouve dans ces productions, vient de l'arrangemẽt des petites particules inviſibles & egales dont elles ſont compoſées. Et pour venir à noſtre Criſtal d'Iſlande, je dis que s'il y avoit une piramide comme A B C D, compoſée de petits corpuſcules ronds, non pas ſpheriques, mais ſpheroides plats, tels que ſe feroient par la converſion de cette





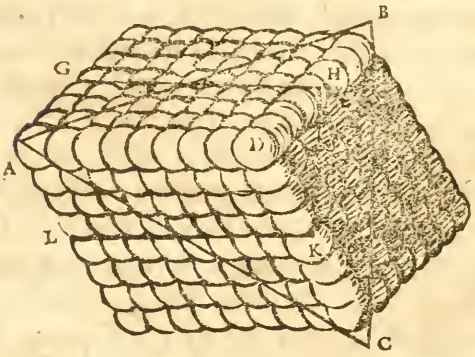
ellipſe G H ſur ſon petit diametre E F ; dont la proportion au grand eſt fort prés celle de 1 à la racine quarrée de 8. Je dis donc que l'angle ſolide de la pointe D, ſeroit egal à l'angle obtus & equilateral de ce Criſtal. Je dis de plus, ſi ces corpuſcules eſtoient legerement collez enſemble, qu'en rompant cette piramide, elle ſe caſſeroit ſuivant des faces paralleles à celles qui ſont ſa pointe : & que par ce moyen, comme il eſt aiſé de voir, elle produiroit des priſmes ſemblables à ceux du meſme Criſtal, tels que repreſente cette autre figure. La raiſon eſt, qu'en ſe caſſant de cette façon, toute une couche ſe ſepare aiſement de ſa couche voiſine, parce que chaque ſpheroide ne ſe detache que des trois ſpheroides de l'autre couche ; des quels trois il n'y en a qu'un qui le touche par la ſurface applatie, & les deux autres ſeulement par les bords. Et ce qui fait que les ſurfaces ſe ſeparent nettes & polies, c'eſt que ſi quelque ſpheroide de la couche voiſine vouloit en ſortir pour s'attacher à celle qui ſe ſepare, il faudroit qu'il ſe detachaſt de ſix autres ſpheroides qui le tiennent ſerré, & dont les quatre le preſſent par ces ſurfaces applaties. Puis donc que tant les angles de noſtre criſtal, que la maniere dont il ſe fend, conviennent juſtement avec ce qui ſe remarque au compoſé de tels ſpheroides, c'eſt une grande raiſon pour croire que ſes particules ſont formées & rangées de meſme.



Il y a meſme aſſez d'apparence que les priſmes de ce criſtal ſe font par la rupture des piramides, puiſque Mr. Bartholin

raporte qu'il s'en trouve par fois des morceaux de figure piramidale triangulaire. Mais quand une masse ne seroit composée qu'interieurement de ces petits spheroides ainsi entassez, quelque forme qu'elle eust par dehors, il est certain, par la mesme raison que je viens d'expliquer, qu'estant cassée elle produiroit des prismes pareils. Il reste à voir s'il y a d'autres raisons qui confirment nostre conjecture, & s'il n'y en a point qui y repugnent.

L'on peut objecter que ce cristal, estant ainsi composé, se pouroit fendre encore en deux manieres, dont l'une seroit suivant des plans paralleles à la base de la piramide, c'est-à-dire au triangle A B C; l'autre parallelement à un plan dont la coupe est marquée par les lignes G H, H K, K L. A quoy je dis, que l'une & l'autre division, quoyque faisables, sont plus malaisées que celles qui estoient paralleles à quelqu'un des trois plans de la piramide; & qu'ainsi, en frappant sur le cristal pour le casser, il se doit tousjours fendre plutost suivant ces trois plans que suivant les deux autres. Quand on a un nombre de spheroides de la forme cy devant marquée, & qu'on les range en piramide, on voit pourquoy les deux divisions sont plus malaisées. Car pour ce qui est de celle qui se feroit parallelement à la base, chaque spheroide se doit detacher des trois autres qu'il touche par les surfaces applaties, qui tiennent plus que ne font les contacts par les bords. Et outre cela, cette division ne se fera point par des couches entieres, parce qu'un



qu'un chacun des ſpheroides d'une couche n'eſt preſque point retenu par les 6 de la meſme couche qui l'environnent, parce qu'ils ne le touchent que par les bords; de ſorte qu'il adhere aiſément à la couche voiſine, & d'autres à luy, par la meſme raiſon; ce qui cauſe des ſurfaces inegales. Auſſi voit on par experience, qu'en uſant le criſtal ſur une pierre un peu rude, directement ſur l'angle ſolide equilateral, on trouve à la verité beaucoup de facilité à le diminuer en ce ſens, mais beaucoup de difficulté enſuite à polir la ſurface qu'on aura applatie de cette maniere.

Pour l'autre diviſion ſuivant le plan GHKL, l'on verra que chaque ſpheroide s'y devroit detacher de quatre de la couche voiſine, dont deux le touchent par les ſurfaces applaties, & deux par les bords. De ſorte que cette diviſion eſt de meſme plus difficile que celle qui ſe fait parallelement à une des ſurfaces du criſtal; où nous avons dit que chaque ſpheroide ne ſe detache que de trois de ſa couche voiſine; dont il n'y en a qu'un qui le touche par la ſurface applatie, & les deux autres par les bords ſeulement.

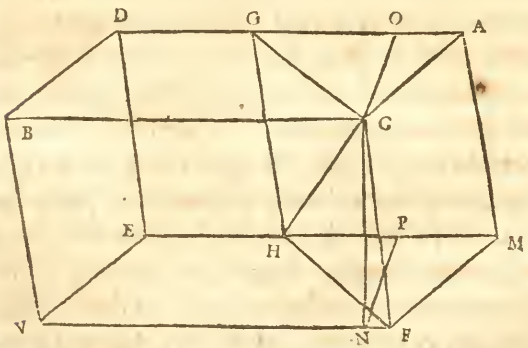
Cependant ce qui m'a fait connoitre qu'il y a dans le criſtal des couches de cette derniere façon, c'eſt qu'en un morceau de demie livre que j'ay, l'on voit qu'il eſt fendu tout du long, ainſi que le priſme ſuſdit par le plan GHKL; ce qui paroit par les couleurs d'Iris repandues dans tout ce plan, quoyque les deux pieces tienent encore enſemble. Tout cecy prouve donc que la compoſition du criſtal eſt telle que nous avons dit. A quoy j'ajoute encore cette experience; que ſi on paſſe un couſteau en raclant ſur quelqu'une de ces ſurfaces naturelles, & que ce ſoit en deſcendant de l'angle obtus equilateral, c'eſt-à-dire de la pointe de la piramide, on le trouve fort dur; mais en raclant du ſens contraire on l'entame aiſement. Ce qui s'enſuit manifeſtement de la ſituation des petits ſpheroides; ſur leſquels,

quels, dans la premiere maniere, le couſteau gliſſe; mais dans l'autre ils les prend par deſſous, à peu pres comme les écailles d'un poiſſon.

Je n'entreprendray pas de rien dire touchant la maniere dont s'engendrent tant de petits corpuſcules, tous égaux & ſemblables, ni comment ils ſont mis dans un ſi bel ordre. S'ils ſont formez premierement, & puis aſſemblez; ou s'ils ſe rangent ainſi en naiſſant, & à meſure qu'ils ſont produits, ce qui me paroit plus vrai-ſemblable. Il faudroit pour developper des veritez ſi cachées une connoiſſance de la nature bien plus grande que celle que nous avons. J'ajouteray ſeulement que ces petits ſpheroides pourroient bien contribuer à former les ſpheroides des ondes de lumiere, cy deſſus ſuppoſez; les uns & les autres eſtant ſituez de meſme, & avec leur axes paralleles.

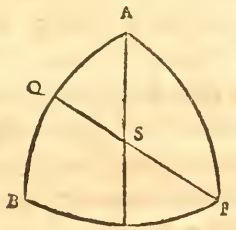
Calculs qui ont eſté ſuppoſez dans ce Chapitre.

Mr. Bartholin dans ſon traité de ce criſtal, met les angles obtus des faces de 101 degrez, leſquels j'ay dit eſtre de 101 degrez, 52 min. Il dit avoir meſuré immediatement ces angles ſur le criſtal; ce qui eſt difficile à faire avec la derniere juſteſſe, à cauſe que les carnes, comme C A, C B dans cette figure, ſont ordinairement uſées, & non pas bien droites. Pour plus de ſeureté donc, j'ay plutoſt voulu meſurer actuellement l'angle



gle obtus, duquel ſont inclinées l'une ſur l'autre les faces CBDA, CBVF, ſçavoir l'angle OCN, apres avoir mené CN perpendiculaire ſur FV, & CO perpendiculaire ſur DA: lequel angle OCN j'ay trouvé de 105 degr. & ſon complement à deux angles droits, CNP, de 75 degr. comme il faloit.

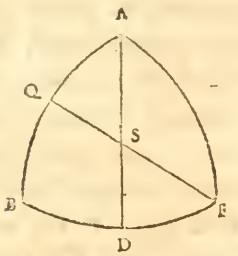
Pour trouver par là l'angle obtus BCA, je me ſuis imaginé une ſphere, ayant ſon centre en C, & dans ſa ſuperficie un triangle ſpherique, formé par l'interſection des trois plans qui comprenent l'angle ſolide C. Dans ce triangle equilateral, qui ſoit ABF dans cette autre figure, je voyois que chacun des angles devoit eſtre de 105 degrez, ſçavoir egal à l'angle OCN; & que chacun des coſtez eſtoit d'autant de degrez que l'angle ACB, ACF, ou BCF. Ayant donc mené l'arc FQ perdiculaire ſur le coſté AB, qu'il diviſe egalement en Q, le triangle FQA avoit l'angle Q droit, l'angle A de 105 degrez, & F de la moitié autant, ſçavoir de 52 degrez, 30 min. d'où ſe trouve l'hypothenuſe AF de 101 deg. 52 min. Et cet arc AF eſt la meſure de l'angle ACF dans la figure du criſtal.



Dans la meſme figure, ſi le plan CGHF coupe le criſtal en ſorte, qu'il diviſe les angles obtus ACB, MFV par le milieu; il a eſté dit, au Nombre 10, que l'angle CFH eſt de 70 degrez, 57 min. Ce qui ſe demontre encore facilement dans le meſme triangle ſpherique ABF; où il paroit que l'arc FQ eſt d'autant de degrez que l'angle GCF dans le criſtal, duquel le complement à deux droits eſt l'angle CFH. Or l'arc FQ ſe trouve de 109 degr. 3 min. Donc ſon complement, 70 deg. 57 min. eſt l'angle CFH.

Il a eſté dit N°. 26, que la droite CS, qui dans la prece-

dente figure eſt C H, eſtant l'axe du criſtal, c'eſt-à-dire egalement inclinée aux trois coſtez C A, C B, C F, l'angle G C H eſt de 45 degr. 20 min. Ce qui ſe calcule encore facilement par le meſme triangle ſpherique. Car en tirant l'autre arc A D, qui coupe B F egalement, & F Q en S, ce point ſera le centre de ce triangle: & il eſt aiſé de voir que l'arc S Q eſt la meſure de l'angle G C H, dans la figure qui repreſente le criſtal. Or dans le triangle Q A S, qui eſt rectangle, l'on connoit auſſi l'angle A, qui eſt de 52 degr. 30 min. & le coſté A Q de 50 degr. 56 min. d'où ſe trouve le coſté S Q de 45 degr. 20 min.

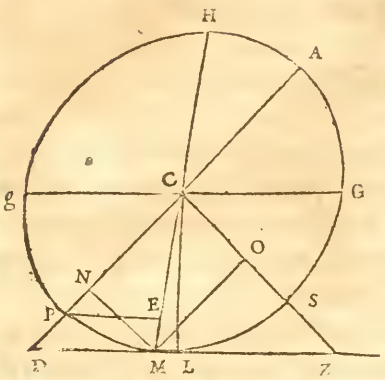


Au Nombre 27, il faut montrer que P M S eſtant une ellipſe dont le centre eſt C, & qui touche la droite M D en M, en ſorte que l'angle M C L, que fait C M avec C L, perpendiculaire ſur D M, ſoit de 6 deg. 40 min. & ſon demi petit diametre C S faiſant avec C G, parallele à M D, un angle G C S de 45 degr. 20 min. il faut montrer, dis je, que C M eſtant de 100000 parties, P C, demi grand diametre de cette ellipſe, eſt de 105032, & C S, demi petit diametre, de 93410.

Soient C P, C S prolongées, & qu'elles rencontrent la tangente D M en D & Z; & du point de contact M ſoient menées M N, M O perpendiculaires ſur C P, C S. Maintenant parce que les angles S C P, G C L ſont droits, l'angle P C L ſera egal à G C S, qui eſtoit de 45 degr. 20 min. Et oſtant l'angle L C M, qui eſt de 6 degr. 40 min. de L C P 45 degr. 20 min. reſte M C P de 38 degr. 40 min. Conſiderant donc C M comme rayon de 100000 parties, M N, ſinus de 38 deg. 40 min. ſera 62479. Et dans le triangle rectangle M N D, M N ſera à N D comme le rayon des Tables à la tangente de 45 degr. 20 min, parce que l'angle

N M D

NMD est egal à DCL ou GCS: c'est-à-dire comme 100000 à 101170; d'où vient ND 63210. Mais NC est de 78079 des mesmes parties dont CM est 100000, parce que NC est sinus du complement de l'angle MCP, qui estoit de 38 degr. 40 minutes. Donc toute la DC est de 141289; & CP, qui est moyene proportionelle entre DC & CN parce que MD touche l'Ellipse, sera 105032.



De mesme, parce que l'angle OMZ est egal à CDZ, ou LCZ, qui est de 44 degr. 40 min. estant le complement de GCS, il s'ensuit que, comme le rayon des Tables à la tangente de 44°, 40, ainsi sera OM 78079, à OZ 77176. Mais OC est de 62479 de ces mesmes parties dont CM est 100000, parce qu'elle est egale à MN, sinus de l'angle MCP de 38°. 40. Donc toute la CZ est 139655; & CS, qui est moyene proportionelle entre CZ, CO, sera 93410.

Au mesme endroit on a dit que CG se trouve de 98779 parties. Pour le demontrer, soit dans la mesme figure menée PE parallele à DM, & qui rencontre CM en E. Dans le triangle rectangle CLD, le costé CL est 99324, (CM estant 100000) parce que CL est sinus du complement de l'angle LCM, de 6°. 40. Et puisque l'angle LCD est de 45°. 20, pour estre egal à GCS, l'on rrouvera le costé LD 100486: d'où ostant ML 11609, restera MD 88877. Or comme CD, qui estoit 141289, à DM 88877, ainsi CP 105032, à PE 66070. Mais comme le rectangle MEH, ou bien la difference des quarrez CM, CE, au quarré MC, ainsi est le quarré PE au quarré Cg; donc aussi comme la difference des quarrez DC, CP au quarré de CD,

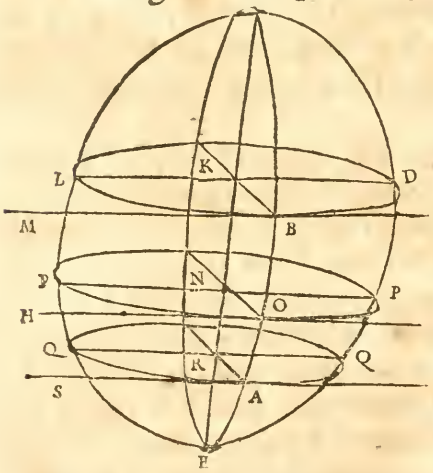
ainſi le quarré PE au quarré gc. Mais DP, CP & PE ſont connues : on connoit donc auſſi GC, qui eſt 98779.

Lemme qui a eſté ſuppoſé.

Si un ſpheroide eſt touché par une ligne droite, & auſſi par deux ou pluſieurs plans qui ſoient paralleles à cette ligne, quoyque non pas entre eux ; tous les points du contact, tant de la ligne que des plans, ſeront dans une meſme ellipſe, faite par un plan qui paſſe par le centre du ſpheroide.

Soit le ſpheroide LED touché par la ligne BM au point B, & auſſi par des plans, paralleles à cette ligne, aux points O & A. Il faut demontrer que les points B, O, & A ſont dans une meſme Ellipſe, faite dans le ſpheroide par un plan qui paſſe par ſon centre.

Par la ligne BM & par les points O, A, ſoient menés des plans paralleles entre eux, qui, en coupant le ſpheroide, faſſent les ellipſes LBD, POP, QAQ ; qui ſeront toutes ſemblables, & ſemblablement poſées, & auront leurs centres K, N, R, dans un meſme diametre du ſpheroide, qui ſera auſſi diametre de l'ellipſe faite par la ſection du plan qui paſſe par le centre du ſpheroide, & qui coupe les plans des trois ſuſdites Ellipſes à angles droits ; car tout cela eſt manifeſte par la prop. 15, du livre des Conoides & Spheroides d'Archimede. De plus, les deux derniers



niers plans, qui ont esté menez par les points O, A, feront aussi, en coupant les plans qui touchoient le spheroide en ces mesmes points, des lignes droites, comme OH, AS, qui seront, comme il est aisé de voir, paralleles à BM; & toutes les trois, BM, OH, AS toucheront les Ellipses LBD, POP, QAQ dans ces points B, O, A; puisqu'elles sont dans les plans de ces ellipses, & en mesme temps dans des plans qui touchent le spheroide. Que si maintenant de ces points B, O, A, l'on mene des droites BK, ON, AR par les centres des mesmes ellipses, & que par ces centres l'on mene aussi les diametres LD PP, QQ, paralleles aux touchantes BM, OH, AS : ces diametres seront les conjuguez des susdits BK, ON, AR. Et parce que les trois ellipses sont semblables, & semblablement posées, & qu'elles ont leurs diametres LD, PP, QQ paralleles, il est certain que leurs diametres conjuguez BK, ON, AR seront aussi paralleles. Et les centres K, N, R estant, comme il a esté dit, dans un mesme diametre du spheroide, ces paralleles BK, ON, AR seront necessairement dans un mesme plan, qui passe par ce diametre du spheroide : & par consequent les points B, O, A dans une mesme ellipse faite par l'intersection de ce plan. Ce qu'il falloit prouver. Et il est manifeste que la demonstration seroit la mesme, si, outre les points O, A, il y en avoit d'autres, dans lesquels le spheroide fust touché par des plans paralleles à la droite BM.

CHAPITRE VI.

DES FIGURES DES CORPS DIAPHANES *Qui servent à la Refraction, & à la Reflexion.*

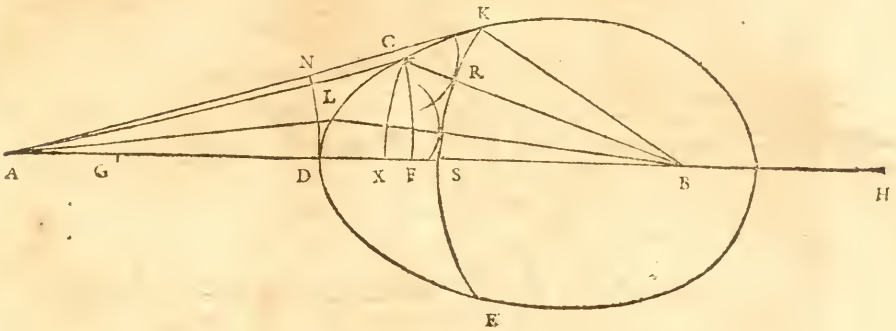
Apres avoir expliqué comment les proprietez de la reflexion, & de la refraction s'ensuivent de ce que nous avons

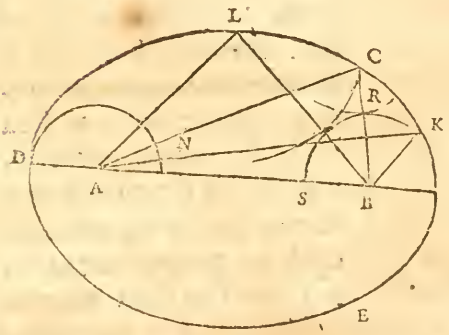
posé touchant la nature de la lumiere, & des corps opaques, & diaphanes; je feray voir icy une maniere fort aisée & naturelle, pour deduire, des mesmes principes, les veritables figures qui servent, ou par reflexion, ou par refraction, à assembler, ou à disperser les rayons de lumiere, selon que l'on desire. Car encore que je ne voye pas qu'il y ait moyen de se servir de ces figures en ce qui est de la Refraction; tant à cause de la difficulté de former selon elles les verres de Lunette dans la justesse requise, que parce qu'il y a dans la refraction mesme une proprieté qui empesche le parfait concours des rayons, comme Mr. Neuton a fort bien prouvé par les experiences; je ne laisseray pas d'en raporter l'invention, puis qu'elle s'offre, pour ainsi dire, d'elle mesme, & qu'elle confirme encore nostre Theorie de la refraction, par la convenance qui se trouve icy entre le rayon rompu, & reflechi. Outre qu'il se peut faire qu'on y decouvre à l'avenir des utilitez que l'on ne voit pas presentement.

Pour venir donc à ces figures, posons premierement que l'on veuille trouver une surface C D E, qui assemble les rayons, venans d'un point A, à un autre point B: & que le sommet de la surface soit le point D, donné dans la droite A B. Je dis que, soit par reflexion, ou par refraction, il faut seulement faire cette surface telle, que le chemin de la lumiere, depuis le point A jusqu'à tous les points de la ligne courbe C D E, & de ceux cy au point du concours; comme est icy le chemin par les droites A C, C B, par A L, L B, & par A D, D B; se fasse par tout dans des temps egaux: par où l'invention de ces courbes devient fort aisée.

Car pour ce qui est de la surface reflechissante, puisque la somme des lignes A C, C B doit estre egale à celle des A D, D B, il paroit que D C E doit estre une ellipse; & pour la refraction, ayant supposé la proportion des viteſſes des ondes de lumiere, dans les diaphanes A & B, connue, par ex. De 3 à 2 (qui est la mes-

meſme, comme nous avons montré, que la proportion des Sinus dans la refraction) il faut ſeulement mettre D H egale



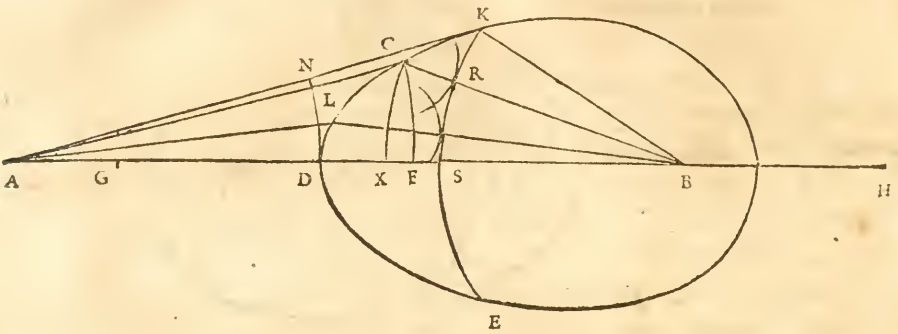


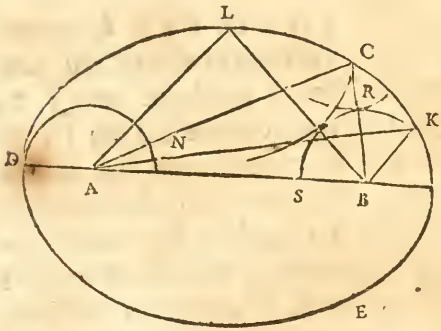
aux $\frac{3}{4}$ de D B, & ayant apres cela decrit du centre A quelque arc F C, qui coupe D B en F, en faire un autre du centre B, avec le demidiametre B X egal à $\frac{3}{5}$ de F H; & l'interſection C des deux arcs ſera un des points requis, par où la courbe doit paſſer. Car ce point eſtant trouvé de la ſorte, il eſt aiſé premierement de faire voir que le temps par A C, C B, ſera egal au temps par A D, D B.

Car prenant que la ligne A D repreſente le temps qu'employe la lumiere à paſſer cette meſme A D dans l'air; il eſt evident que D H, egale à $\frac{3}{4}$ de D B, repreſentera le temps de la lumiere par D B dans le diaphane, parce qu'il luy faut icy d'autant plus de temps, que ſon mouvement eſt plus lent. Partant toute la A H

ſera

ſera le temps par A D, D B. De meſme la ligne A C, ou A F, repreſentera le temps par A C; & F H eſtant par la conſtruction egale





à ½ de C B, elle repreſentera le temps par C B dans le diaphane; & par conſequent toute la A H ſera auſſi le temps par A C, C B. D'ou il paroit que le temps par A C, C B, eſt egal au temps par A D, D B. Et l'on fera voir de meſme, ſi L & K ſont d'autres points dans la courbe C D E, que les temps par A L, L B, & par A K, K B ſont tousjours repreſentez par la ligne A H, & partant egaux au dit temps par A D, D B.

Pour demonſtrer enſuite que les ſurfaces, que ces courbes feront par leur circonvolution, dirigeront tous les rayons qui vienent ſur elles du point A, en ſorte qu'ils tendent vers B; ſoit ſuppoſé le point K dans la courbe, plus loin de D que n'eſt C; mais en ſorte que la droite A K tombe ſur la courbe, qui ſert à la

à la refraction, en dehors; & du centre B ſoit decrit l'arc K S, coupant B D en S, & la droite C B en R; & du centre A l'arc D N, rencontrant A K en N.

Puiſque les ſommes des temps par A K, K B, & par A C, C B ſont egales; ſi le de la premiere ſomme l'on oſte le temps par K B, & de l'autre le temps par R B; il reſtera le temps par A K egal au temps par ces deux, A C, C R. Partant dans le temps que la lumiere eſt venue par A K, elle ſera auſſi venue par A C, & de plus il ſe ſera fait une onde ſpherique particuliere dans le diaphane, du centre C, & dont le demidiametre ſera egal à C R; laquelle onde touchera neceſſairement la circonference K S en R, puiſque C B coupe cette circonference à angles droits. De meſme ayant pris quelqu'autre point L dans la courbe, l'on montrera que dans le meſme temps du paſſage de la lumiere par A K, elle ſera auſſi venue par A L, & que de plus il ſe ſera fait une onde particuliere du centre L, qui touchera la meſme circonference K S. Et ainſi de tous les autres points de la courbe C D E. Donc, au moment que la lumiere ſera arrivée en K, l'arc K R S terminera le mouvement qui s'eſt repandu de A ſur D C K. Et ainſi ce meſme arc ſera, dans le diaphane, la propagation de l'onde emanée du point A; laquelle onde on ſe peut repreſenter par l'arc D N, ou par quelqu'autre plus prez du centre A. Mais tous les endroits de l'arc K R S ſont en ſuite etendus ſuivant des droites qui luy ſont perpendiculaires, c'eſt-à-dire qui tendent au centre B (car cela ſe demontre de meſme que nous avons prouvé cy deſſus que les endroits des ondes ſpheriques s'etendent ſuivant des droites qui vienent de leur centre) & ces progrez des endroits des ondes ſont les rayons meſmes de lumiere. Il paroit donc que tous ces rayons tendent icy au point B.

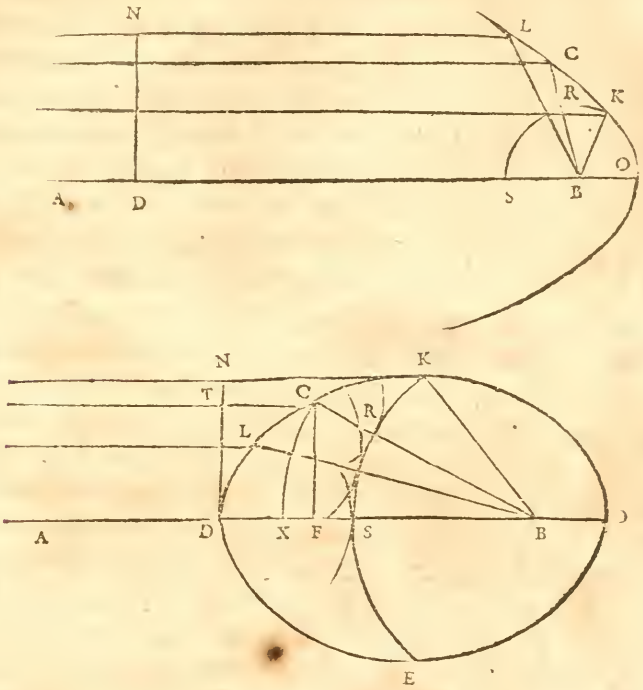
On pourroit auſſi trouver le point C & tous les autres, dans cette courbe qui ſert à la refraction, en diviſant D A en G en ſorte que D G ſoit $\frac{3}{7}$ de D A, & decrivant du centre B

quelqu'arc C X qui coupe B D en X, & un autre du centre A avec le demidiametre A F egal à ½ de G X : ou bien ayant decrit, comme auparavant, l'arc C X, il ne falloit que faire D F egale à ½ de D X, & du centre A tracer l'arc F C : car ces deux conſtructions, comme l'on peut facilement connoitre, revienent à la premiere qu'on a veuë cy devant. Et il eſt encore manifeſte par la derniere, que cette courbe eſt la meſme que celle que Mr. Des Cartes a donnée dans ſa Geometrie, & qu'il nomme la premiere de ſes Ovales.

Il n'y a qu'une partie de cette ovale qui ſert à la refraction ; ſçavoir, ſi A K eſt ſuppoſée la tangente, ce ſera la partie D K, dont le terme eſt K. Quant à l'autre partie, Des Cartes a remarqué qu'elle ſerviroit aux refractions, s'il y avoit quelque matiere de miroir de telle nature, que par elle la force des rayons (nous dirons la viteſſe de la lumiere, ce qu'il n'a pû dire par ce qu'il veut que le mouvement s'en faſſe dans un inſtant) fuſt augmentée dans la proportion de 3 à 2. Mais nous avons montré que, dans noſtre maniere d'expliquer la reflexion, cela ne peut provenir de la matiere du miroir, & qu'il eſt entierement impoſſible.

De ce qui a eſté demontré de cette ovale, il ſera aiſé de trouver la figure qui ſert à aſſembler vers un point les rayons incidens paralleles. Car en ſuppoſant toute la meſme conſtruction, mais le point A infiniment diſtant, ce qui donne des rayons paralleles, noſtre ovale devient une vraye Ellipſe ; dont la conſtruction ne differe en rien de celle de l'ovale, ſinon que F C eſt icy une ligne droite, perpendiculaire à D B, qui auparavant eſtoit un arc de cercle. Car l'onde de lumiere D N, eſtant de meſme repreſentée par une ligne droite, l'on fera voir que tous les points de cette onde, s'etendans juſqu'à la ſurface K D par des paralleles à D B, s'avanceront enſuite vers le point B, & y arriveront en meſme temps. Pour l'Ellipſe qui ſervoit à la reflexion, il eſt manifeſte qu'elle devient icy une parabole, puis qu'on

qu'on considere son foyer A infiniment distant de l'autre B ; qui est icy le foyer de la parabole, auquel tendent toutes les refle-

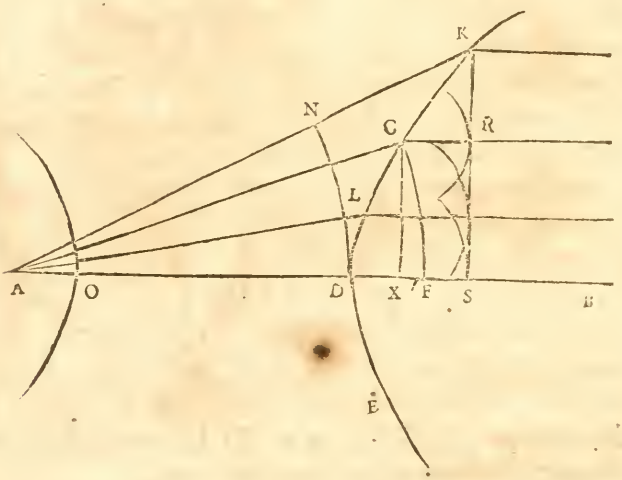


xions des rayons paralleles à A B. Et la demonstration de ces effets est toute la mesme que la precedente.

Mais que cette ligne courbe C D E, qui sert à la refraction, est une Ellipse, & telle dont le grand diametre est à la distance de ses foyers comme 3 à 2, qui est la proportion de la refraction, on le trouve facilement par le calcul d'Algebre. Car D B, qui est donnée, estant nommée a; sa perpendiculaire D T indeterminée x; & T C, y; F B sera $a-y$; C B $\sqrt{xx+aa-2ay+yy}$. Mais la nature de la courbe est telle, que $\frac{2}{3}$ T C avec C B est egale

à D B, comme il a esté dit dans la derniere construction : donc l'equation sera entre $\frac{5}{9}y + \sqrt{xx + aa - 2ay + yy}$ & a, qui estant reduite, vient $\frac{5}{9}ay - yy$ egal à $\frac{9}{9}xx$: c'est à dire qu'ayant fait D O egale à $\frac{5}{9}$ D B, le rectangle D F O est egal à $\frac{9}{9}$ du quarré de F C. D'où l'on voit que D C est une ellipse, dont l'axe D O est au parametre comme 9 à 5 ; & partant le quarré de D O au quarré de la distance des foyers, comme 9 à 9-5, c'est à dire 4 ; & enfin la ligne D O à cette distance comme 3 à 2.

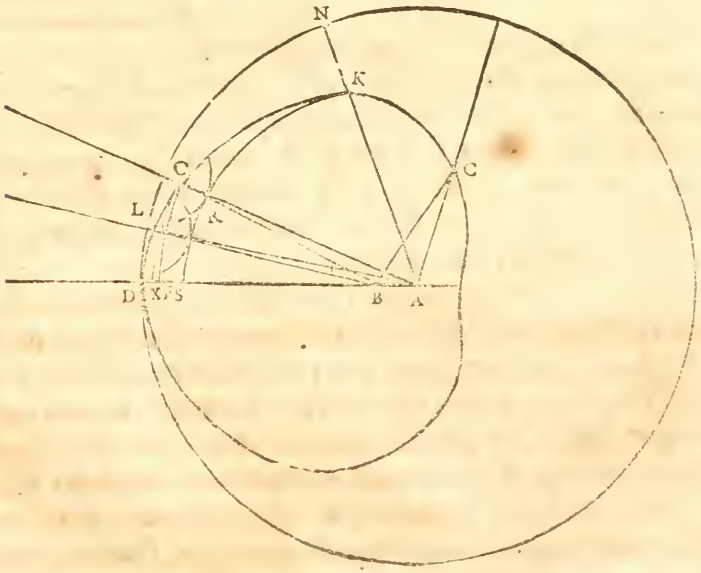
Derechef, si l'on suppose le point B infiniment loin, au lieu de nostre premiere ovale, nous trouverons que C D E est la veritable Hyperbole ; qui fera que les rayons, qui vienent

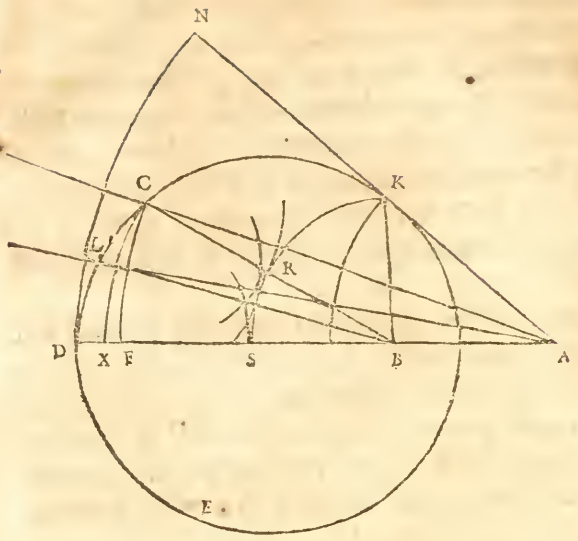


du point A, deviendront paralleles. Et par consequent aussi, que ceux qui sont paralleles dans le corps transparent, s'assembleront au dehors au point A. Or il faut remarquer que C X & K S devienent des lignes droites perpendiculaires à B A, par ce qu'elles representent des arcs de cercles dont le centre B est infiniment distant. Et que l'intersection de la perpendiculaire C X & de l'arc F C donnera le point C, un de ceux par où la courbe doit

doit passer. Qui fera ensorte que toutes les parties de l'onde de lumiere D N, venant à rencontrer la surface K D E, s'avanceront de la par des paralleles à K S, & arriveront à cette droite en mesme temps ; dont la demonstration est encore la mesme que celle qui a serui dans la premiere ovale. Au reste on trouve, par un calcul aussi aisé que le precedent, que C D E est icy une hyperbole dont l'axe D O est $\frac{1}{2}$ de A D, & le parametre egal à A D. D'où l'on demontre facilement que D O est à la distance des foyers comme 3 à 2.

Ce sont icy les deux cas ou les sections Coniques servent à la refraction, & les mesmes qu'explique Des Cartes dans sa Dioptrique : qui a trouvé le premier l'usage de ces lignes en ce qui est de la refraction, comme aussi celuy des Ovales dont nous avons deja mis la premiere. L'autre est celle qui sert aux rayons qui tendent à un point donné ; dans laquelle ovale si le sommet





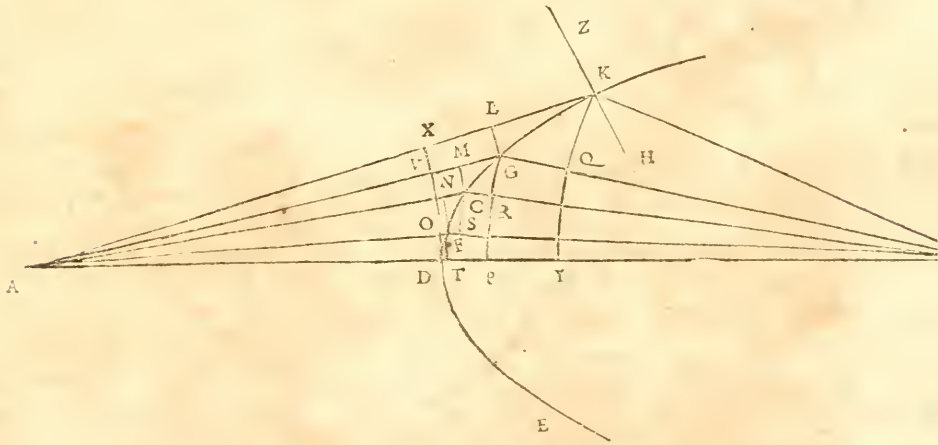
qui reçoit les rayons est D, il arrivera, selon que la raison de A D à D B est donnée plus ou moins grande, que l'autre sommet passera entre B A, ou au de la de A. Et dans ce dernier cas elle est la mesme avec celle que Des Cartes nomme la 3e.

Or l'invention & la construction de cette seconde ovale est la mesme que celle de la premiere, & la demonstration de son effet aussi. Mais il est digne de remarque qu'en un cas cette ovale devient un cercle parfait; sçavoir quand la raison de A D à D B est la mesme qui mesure les refractions, comme icy de 3 à 2, ce que j'avois observé il y a fort long temps. La 4e. ne servant qu'aux reflexions impossibles, il n'est pas besoin de la mettre.

Pour ce qui est de la maniere dont M. Des Cartes a trouvé ces lignes, puisqu'il ne l'a point expliquée, ni personne du depuis que je sçache, je diray icy, en passant, quelle il me semble qu'elle doit avoir esté. Soit proposé à trouver la surface faite par la circonvolution de la courbe K D E, qui, recevant les rayons incidens qui viennent sur elle du point A, les detourne vers le point B. Considerant donc cette courbe comme deja connue, & que son sommet soit D dans

dans la droite A B ; j'divisons la comme en une infinité de petites parcelles par les point G, C, F : & ayant mené, de chacun de ces points, des lignes droites vers A, qui representent les rayons incidens, & d'autres droites vers B ; soient de plus du centre A decrits les arcs de cercle G L, C M, F N, D O, coupans les rayons, qui vienent de A, en L, M, N, O, & des points K, G, C, F soient decrits les arcs K Q, G R, C S, F T, coupans les rayons, tirez vers B, en Q, R, S, T, & posons que la droite H K Z coupe la courbe en K à angles droits.

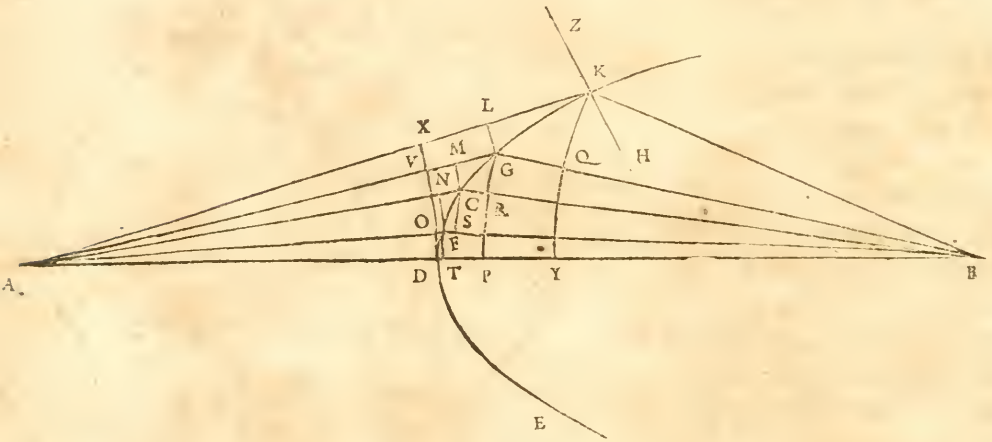
Estant donc A K un rayon incident, & sa refraction au dedans



du diaphane K B, il falloit suivant la loy des refractions, qui estoit connue à Mr. Des Cartes, que le sinus de l'angle Z K A, au sinus de l'angle H K B, fust comme 3 à 2 ; supposant que c'est la proportion de la refraction du verre ; ou bien, que le sinus de l'angle K G L eust cette mesme raison au sinus de l'angle G K Q, en considerant K G, G L, K Q comme des lignes droites, à cause de leur petitesse. Mais ces sinus sont les lignes K L & G Q, en

pre-

prenant G K pour rayon du cercle. Donc L K à G Q devoit eſtre comme 3 à 2; & par la meſme raiſon M G à C R, N C à F S, O F à D T. Donc auſſi la ſomme de toutes les antecedentes à toutes les conſequentes eſtoit comme 3 à 2. Or en prolongeant l'arc D O, juſqu'à ce qu'il rencontre A K en X, K X eſt la ſomme des antecedentes. Et prolongeant l'arc K Q, juſqu'à ce qu'il rencontre A D en Y, la ſomme des conſequentes eſt D Y. Donc K X à D Y devoit eſtre comme 3 à 2. D'ou paroiſſoit que la courbe K D E eſtoit de telle nature, qu'ayant mené de quelque point qu'on y eut pris, comme K, les droites K A, K B, l'excez dont A K ſur-



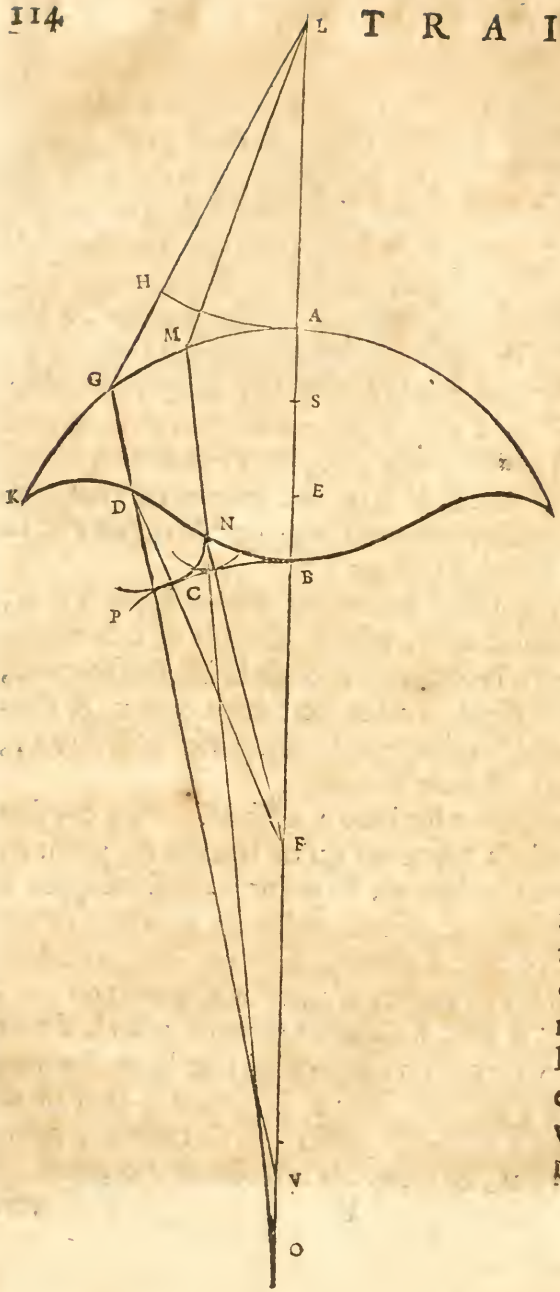
paſſe A D, eſt à l'excez de D B ſur K B, comme 3 à 2. Car on peut demontrer de meſme, en prenant dans la courbe quelqu'autre point, comme G, que l'excez de A G ſur A D, ſçavoir V G, à l'excez de B D ſur D G, ſçavoir D P, eſt dans cette meſme raiſon de 3 à 2. Et ſuivant cette proprieté Mr. Des Cartes a conſtruit ces courbes dans ſa Geometrie, & il a facilement reconnu que, dans les cas des rayons paralleles, ces courbes devenoient des Hyperboles, & des Ellipſes. Reve-

Revenons maintenant à noſtre maniere, & voyons comment elle conduit ſans peine à trouver les lignes que requiert un coſté du verre, lorſque l'autre eſt d'une figure donnée; non ſeulement plane ou ſpherique, ou faite par quelqu'une des ſections Coniques (qui eſt la reſtriction avec laquelle DesCartes a propoſé ce probleme, laiſſant la ſolution à ceux qui viendroient aprés luy) mais generalement quelconque: c'eſt-à-dire qui ſoit faite par la revolution de quelque ligne courbe donnée, à laquelle ſeulement on ſçache mener des lignes droites tangentes.

Soit la figure donnée faite par la converſion de quelque telle courbe A K autour de l'axe A V, & que ce coſté du verre reçoive des rayons venans du point L. Que de plus l'epaiſſeur A B, du milieu du verre, ſoit donnée, & le point F auquel on veut que les rayons ſoient tous parfaitement reünis; quelle qu'ait eſté la premiere refraction, faite à la ſurface A K.

Je dis que pour cela il faut ſeulement que la ligne B D K, qui fait l'autre ſurface, ſoit telle, que le chemin de la lumiere, depuis le point L juſqu'a la ſurface A K, & de là à la ſurface B D K, & de là au point F, ſe faſſe par tout en des temps egaux, & chacun egal au temps que la lumiere employe à paſſer la droite L F, de laquelle la partie A B eſt dans le verre.

Soit L G un rayon tombant ſur l'arc A K. Sa refraction G V ſera donnée par le moyen de la tangente qu'on menera au point G. Maintenant il faut trouver dans G V le point D, en ſorte que F D avec $\frac{1}{2}$ de D G & la droite G L, ſoient egales à F B avec $\frac{1}{2}$ de B A & la droite A L; qui comme il paroit, font une longueur donnée. Ou bien, en oſtant de part & d'autre la longueur de L G, qui eſt auſſi donnée, il faut ſeulement mener F D ſur la droite V G, en ſorte que F D avec $\frac{1}{2}$ D G ſoit egale à une ligne donnée; qui eſt un probleme plan fort aiſé: & le point D ſera un de ceux par où la courbe B D K doit paſſer. Et de meſme, ayant mené un autre rayon L M, & trouvé ſa refraction M O, on trou-



vera dans cette ligne le point N ; & ainſi tant qu'on en voudra.

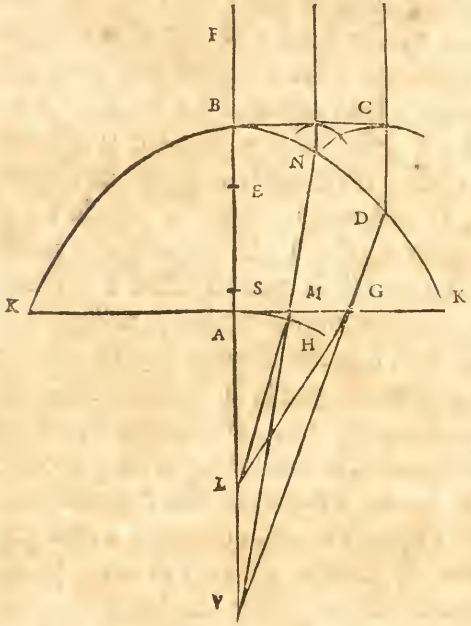
Pour demonſtrer l'effet de la courbe, ſoit du centre L decrit l'arc de cercle A H, coupant L G en H, & du centre F l'arc B P ; & ſoit dans A B priſe A S egale à $\frac{2}{3}$ H G, & S E egale à G D. Conſiderant donc A H comme une onde de lumiere, ſortie du point L, il eſt certain que pendant que ſon endroit H ſera arrivé en G, l'endroit A ne ſera avancé dans le corps diaphane que par A S ; car je ſuppoſe, comme deſſus, la proportion de la refraction comme 3 à 2. Or nous ſçavons que l'endroit d'onde qui eſt tombé ſur G, s'avance de là par la ligne G D, puiſque G V eſt la

eſt la refraction du rayon L G. Donc dans le temps que cet endroit d'onde eſt venu de G en D, l'autre qui eſtoit en S eſt arrivé en E, puiſque G D, S E ſont egales. Mais pendant que celuicy avancera de E en B, l'endroit d'onde, qui eſtoit en D, aura repandu dans l'air ſon onde particuliere, dont le demidiametre D C (ſuppoſant que cette onde coupe en C la droite D F) ſera $\frac{3}{2}$ de E B, puiſque la viteſſe de la lumiere hors du diaphane eſt à celle de dedans comme 3 à 2. Or il eſt aiſé de montrer que cette onde touchera dans ce point C l'arc B P. Car puiſque, par la conſtruction, F D+$\frac{1}{2}$ D G+G L, ſont egales à F B+$\frac{1}{2}$ B A+A L; en oſtant les egales L H, L A, il reſtera F D+$\frac{1}{2}$ D G+G H, egales à F B+$\frac{1}{2}$ B A. Et Derechef, oſtant d'un coſté G H, & de l'autre coſté $\frac{1}{2}$ A S, qui ſont egales, il reſtera F D avec $\frac{1}{2}$ G, egale à F B avec $\frac{1}{2}$ de B S. mais $\frac{1}{2}$ de D G ſont egales à $\frac{1}{2}$ de E S; donc F D eſt egale à F B avec $\frac{1}{2}$ de B E. Mais D C eſtoit egale à $\frac{3}{2}$ de E B; donc oſtant de coſté & d'autre ces longueurs egales, reſtera C F egale à F B; & ainſi il paroit que l'onde, dont le demidiametre eſt D C, touche l'arc B P au moment que la lumiere, venue du point L, eſt arrivée en B par la droite L B. l'on demonſtrera de meſme, que dans ce meſme moment, la lumiere, venue par tout autre rayon, comme L M, M N, aura repandu du mouvement qui eſt terminé par l'arc B P. D'où s'enſuit, comme il a eſté dit ſouvent, que la propagation de l'onde A H, aprés avoir paſſé l'epaiſſeur du verre, ſera l'onde ſpherique B P: de laquelle tous les endroits doivent s'avancer par des lignes droites, qui ſont les rayons de lumiere, au centre F. Ce qu'il faloit demonſtrer. On trouvera de meſme ces lignes courbes dans tous les cas que l'on peut propoſer, comme on verra aſſez par un ou deux exemples que j'adjouteray.

Soit donnée la ſurface du verre A K, faite par la revolution de la ligne A K, courbe ou droite, autour de l'axe B A. Soit auſſi donné dans l'axe le point L, & B A l'épaiſſeur du verre; & qu'il

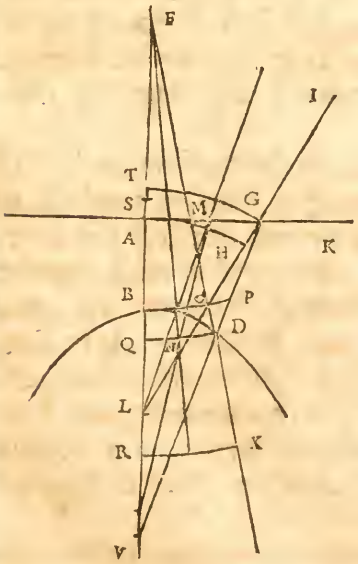
faille trouver l'autre ſurface K D B, qui recevant des rayons paralleles à B A les diviſe en ſorte, qu'aprés eſtre derechef rompus à la ſurface donnée A K, ils s'aſſemblent tous au point L.

Soit du point L menée, à quelque point de la ligne donnée A K, la droite L G; qui eſtant conſiderée comme un rayon de lumiere, on trouvera ſa refraction G D, qui d'un coſté ou d'autre rencontrera, eſtant prolongée, la droite B L, comme icy en V. Soit enſuite erigée ſur A B la perpendiculaire B C, qui repreſentera une onde de lumiere venant du point F infiniment diſtant, par ce que nous avons ſuppoſé des rayons paralleles. Il faut donc que toutes les parties de cette onde B C arrivent en meſme temps au point L; ou bien que toutes les parties d'une onde, émanée du point L, arrivent en meſme temps à la droite B C. Et pour cela il faut trouver, dans la ligne V G D, le point D, en ſorte qu'ayant mené D C parallele à A B, la ſomme de C D & ½ de D G & G L ſoit egale à ½ A B avec A L: ou bien, en oſtant d'un coſté & d'autre G L qui eſt donnée, il faut que C D avec ½ de D G ſoit egale à une ligne donnée: qui eſt un probleme encore plus aiſé que celuy de la conſtruction precedente. Le point D, ainſi trouvé, ſera un de ceux par où la courbe doit paſſer; & la demonſtration



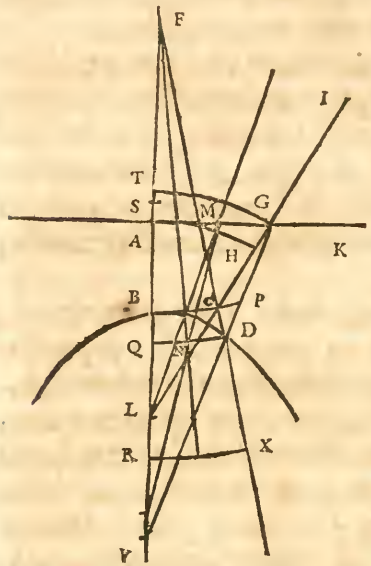
tion ſera la meſme qu'auparavant. Par laquelle on prouvera que les ondes, qui vienent du point L, apres avoir paſſé le verre K A K B, prendront la forme de lignes droites, comme B C; qui eſt la meſme choſe que de dire que les rayons devienent paralleles. D'où s'enſuit reciproquement, que, tombant paralleles ſur la ſurface K D B, ils l'aſſembleront au point L.

Soit encore donnée la ſurface A K, telle qu'on voudra, faite par revolution ſur l'axe A B; & l'épaiſſeur du milieu du verre A B. Soit auſſi donné dans l'axe le point L derriere le verre, au quel point on ſuppoſe que tendent les rayons qui tombent ſur la ſurface A K; & qu'il faille trouver la ſurface B D, qui, au ſortir du verre, les detourne comme s'ils venoient du point F, qui eſt devant le verre.



Ayant pris quelque point G dans la ligne A K, & menant la droite I G L, ſa partie G I repreſentera un des rayons incidents, duquel ſe trouvera la refraction G V; & c'eſt dans elle qu'il faut trouver le point D, un de ceux par où la courbe D B doit paſſer. Poſons qu'il ſoit trouvé, & du centre L ſoit décrit l'arc de cercle G T, coupant la droite A B en T, en cas que L G ſoit plus grande que L A; car autrement il faut decrire du meſme centre l'arc A H, qui coupe la droite L G en H. Cet arc G T, (ou dans l'autre cas A H) repreſentera une onde de la lumiere incidente, dont les rayons tendent vers L. Pareillement du centre F ſoit decrit l'arc de cercle D Q, qui repreſentera une onde qui ſort du point F.

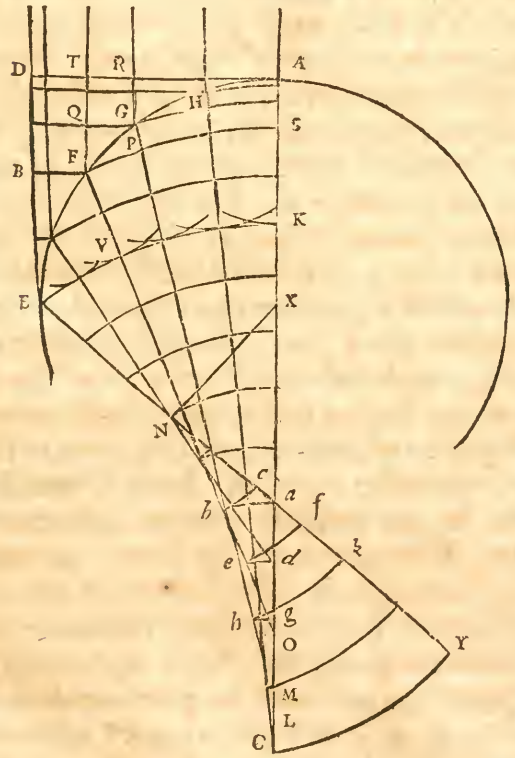
Il faut donc que l'onde T G, aprés avoir passé le verre, forme l'onde Q D; & pour cela je vois que le temps de la lumiere par G D au dedans du verre, doit estre egal à celuy par ces trois TA, AB, & BQ, dont la seule A B est aussi dans le verre. Ou bien, ayant pris A S egale à $\frac{2}{3}$ A T, je vois que $\frac{3}{2}$ G D doivent estre egales à $\frac{3}{2}$ S B+B Q; &, en ostant l'un & l'autre de F D ou F Q, que F D moins $\frac{3}{2}$ G D, doit estre egale à F B moins $\frac{3}{2}$ S B. Laquelle derniere difference est une longueur donnée: & il ne faut que, du point donné F, mener la droite FD sur VG, en sorte que cela se trouve ainsi. Qui est un probleme tout semblable à celuy qui sert à la premiere de ces constructions, où F D+$\frac{3}{2}$ G D devoit estre egale à une longueur donnée.



Dans la demonstration il y a à observer que, l'arc B C tombant au dedans du verre, il faut concevoir un arc qui luy soit concentrique R X, au dela de Q D; & aprés qu'on aura montré que l'endroit G de l'onde G T arrive en mesme temps en D, que l'endroit T arrive en Q, ce qui se deduit facilement de la construction, il sera évident ensuite, que l'onde particuliere, engendrée du point D, touchera l'arc R X, au moment que l'endroit Q sera venu en R, & qu'ainsi cet arc terminera en mesme instant le mouvement qui vient de l'onde TG; d'où se conclud le reste.

Ayant montré l'invention de ces lignes courbes qui servent au parfait concours des rayons, il reste à expliquer une chose

ſe notable touchant la refraction inordonnée des ſurfaces ſpheriques, planes, & autres ; laquelle, eſtant ignoreé, pourroit cauſer quelque doute touchant ce que nous avons dit pluſieurs fois, que les rayons de lumiere ſont des lignes droites, qui coupent les ondes, qui s'en repandent, à angles droits. Car les rayons qui tombent paralleles, par exemple, ſur une ſurface ſpherique AFE, s'entre coupant, apres leur refraction, en des points differents, comme repreſente cette figure ; quelles pourront eſtre les ondes de lumiere dans ce diaphane, qui ſoient coupées à angles droits par les rayons convergents ? car elles ne ſçauroient eſtre ſpheriques ; & que deviendront ces ondes apres que leſdits rayons commencent à s'entre couper ? L'on verra, dans la ſolution de cette difficulté, qu'il ſe paſſe en cecy quelque choſe de fort remarquable, & que les ondes ne laiſſent pas de ſubſiſter tousjours ; quoy qu'elles ne paſſent pas entieres, comme à travers les verres compoſez, dont nous



venons de voir la conſtruction.

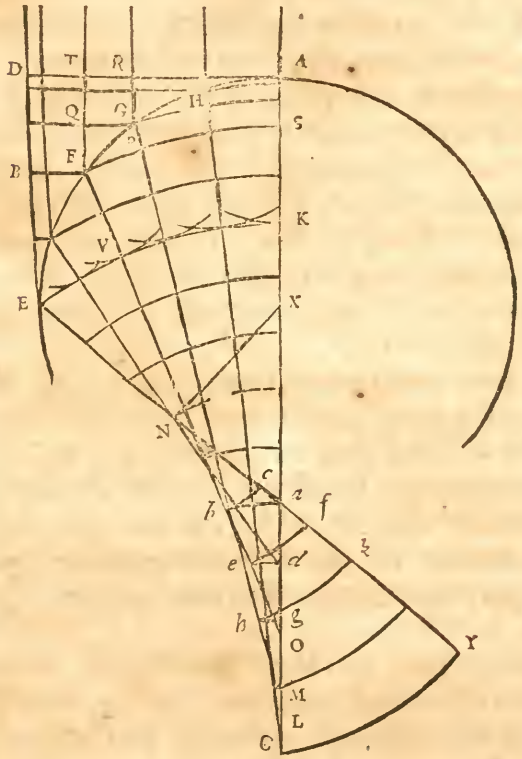
Se-

Selon ce qui a esté montré cy dessus, la droite A D, qui du sommet de la sphere est menée perpendiculaire à son axe auquel les rayons vienent paralleles, represente l'onde de lumiere; & dans le temps que son endroit D sera parvenu à la surface spherique A G E en E, ses autres parties auront rencontré la mesme surface en F, G, H &c. & auront encore formé des ondes spheriques particulieres, dont ces points sont les centres. Et la surface E K, que toutes ces ondes toucheront, sera la propagation de l'onde A D dans la sphere, au moment que l'endroit D est venu en E. Or la ligne E K n'est pas un arc de cercle, mais c'est une ligne courbe faite par l'Evolution d'une autre courbe E N C, qui touche tous les rayons H L, G M, F O, &c. qui sont les refractions des rayons paralleles; en imaginant qu'il y ait un fil couché sur la convexité E N C, qui se developpant decrive, avec le bout E, ladite courbe E K. Car supposant que cette courbe est ainsi decrite, nous demontrerons que les dites ondes formées des centres F, G, H, &c. la toucheront toutes.

Il est certain que la courbe E K, & toutes les autres, decrites par l'evolution de la courbe E N C, avec des differentes longueurs du fil, couperont tous les rayons H L, G M, F O &c. à angles droits, & en sorte que leurs parties, interceptées entre deux telles courbes, seront toutes egales, car cela s'ensuit de ce qui a esté demontré dans nostre traité *de Motu Pendulorum*. Or imaginant les rayons incidents comme infiniment proches les uns des autres, si l'on en considere deux, comme R G, T F, & qu'on mene G Q perpendiculaire sur R G, & que la courbe F S, qui coupe G M en P, soit decrite par l'evolution de la courbe N C, en commençant par F, jusqu'où je suppose que le fil s'etend; on peut prendre sa particule F P pour une droite perpendiculaire sur le rayon G M, & de mesme l'arc G F comme une ligne droite. Mais G M estant la refraction du rayon R G, & F P estant perpendiculaire sur elle, il faut que Q F soit à G P

comme

comme 3 à 2, c'eſt-à-dire dans la proportion de la refraction ; comme il a eſté montré cy deſſus en expliquant l'invention de Des Cartes. Et la meſme choſe arrive dans tous les petits arcs G H, H A, &c. Sçavoir que, dans les quadrilateres qui les enferment, le coſté parallele à l'axe eſt à ſon oppoſé comme 3 à 2. Donc auſſi comme 3 à 2, ainſi ſera la ſomme des uns à la ſomme des autres, c'eſt-à-dire T F À A S, & D E À A K, & B E À S K ou D V, en ſuppoſant que V eſt l'interſection de la courbe E K & du rayon F O. Mais, faiſant F B perp. ſur D E, comme 3 à 2 ainſi eſt encore B E au demidiametre de l'onde ſpherique emanée du point F, pendant que la lumiere hors du diaphane a paſſé l'eſpace B E ; donc il paroit que cette onde coupera le rayon F M au meſme point V, où il eſt coupé à angles droits par la courbe E K, & que partant l'onde touchera cette courbe. L'on prouvera de la meſme maniere qu'il en eſt ainſi de toutes les autres ondes ſuſdites, nées des points G, H, &c. ſçavoir qu'elles toucheront la courbe E K, dans le mo-



ment que l'endroit D de l'onde E D ſera parvenu en E.

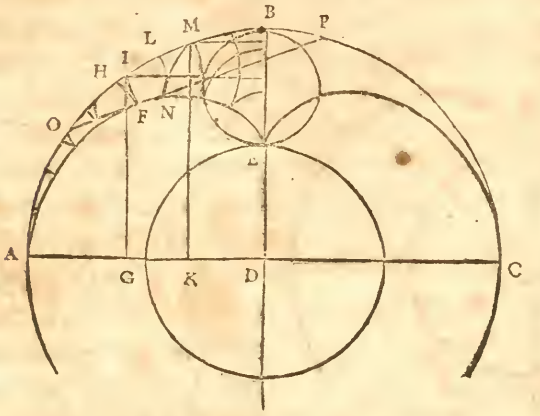
Pour dire maintenant ce que devienent ces ondes, apres que les rayons commencent à ſe croiſer : c'eſt que de là elles ſe replient, & ſont compoſées de deux parties qui tienent enſemble, l'une eſtant une courbe faite par l'evolution de la courbe E N C en un ſens, & l'autre par l'evolution de la meſme dans l'autre ſens. Ainſi l'onde K E, en avançant vers le concours, devient *a b c*, dont la partie *a b* ſe fait par l'evolution de *b* C, portion de la courbe E N C, pendant que le bout C demeure attaché; & la partie *b c* par l'evolution de la portion *b* E, pendant que le bout E demeure attaché. Enſuite la meſme onde devient *d e f*; puis *g h k*; & à la fin C Y; d'où elle s'etend enſuite ſans aucun repli, mais tousjours par des lignes courbes, qui ſe font de l'evolution de la courbe E N C, augmentée de quelque ligne droite du coſté C.

Il y a meſme, dans cette courbe icy, une partie E N qui eſt droite, eſtant N le point où tombe la perpendiculaire du centre de la ſphere X, ſur la refraction du rayon D E, que je ſuppoſe maintenant qu'il touche la ſphere. Et c'eſt depuis le point N, que commence le repli des ondes de lumiere, juſqu'à l'extremité de la courbe C; qui ſe trouve en faiſant que A C à C X ſoit dans la proportion de la refraction, comme icy de 3 à 2.

L'on trouve auſſi tant d'autres points qu'on veut de la courbe N C par un Theoreme qu'a demonſtré Mr. Barrow dans la 12. de ſes Leçons Optiques, quoyqu'à autre fin. Et il eſt à remarquer qu'on peut donner une ligne droite egale à cette courbe. Car puis qu'enſemble avec la droite N E, elle eſt egale à la droite C K, qui eſt connue, parce que D E à A K eſt dans la proportion de la refraction: il paroit qu'en oſtant E N de C K, le reſte ſera egal à la courbe N C.

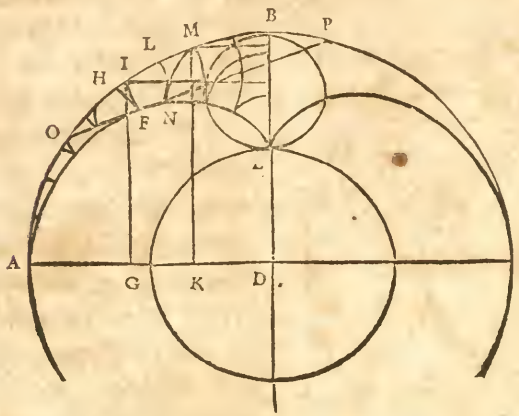
L'on trouvera de meſme des ondes repliées dans la reflexion d'un

d'un miroir concave ſpherique. Soit ABC la ſection par l'axe d'un hemiſphere creux, dont le centre eſt D, l'axe DB, auquel je ſuppoſe que les rayons de lumiere vienent paralleles. Toutes les reflexions de ces rayons, qui tombent ſur le quart de cercle A.B, toucheront une ligne courbe AFE, dont le bout E eſt au foyer de l'hemiſphere, c'eſt-à-dire au point qui diviſe le demidiametre BD en deux parties egales : & les points, par où cette courbe doit paſſer, ſe trouvent en prenant depuis A quelque arc AO, & luy faiſant double l'arc OP ; dont il faut diviſer la ſoutendente en F, en ſorte que la partie FP ſoit triple de FO ; car alors F eſt un des points requis.



Et comme les rayons paralleles ne ſont que les perpendiculaires des ondes qui tombent ſur la ſurface concave, leſquelles ondes ſont paralleles à AD, l'on trouvera qu'à meſure qu'elles vienent rencontrer la ſurface AB, elles forment, en ſe reflechiſſant, des ondes repliées, compoſées de deux courbes qui naiſſent de deux evolutions oppoſées des parties de la courbe AFE. Ainſi, en prenant AD pour une onde incidente, lorſque la partie AG aura rencontré la ſurface AI, c'eſt-à-dire que l'endroit G ſera parvenu en I, ce ſeront les courbes HF, FI, nées des evolutions des courbes FA, FE, commencées toutes deux par F, qui feront enſemble la propagation de la partie AG. & un peu apres, quand la partie AK aura rencontré la ſurface AM, eſtant

l'endroit K en M, alors les courbes L N, N M feront enſemble la propagation de cette partie. Et ainſi cette onde repliee avancera tousjours, juſqu'à ce que la pointe N ſoit parvenue au foyer E. La courbe A F E ſe voit dans la fumée, ou dans la pouſſiere qui vole, lorſqu'un miroir concave eſt oppoſé au ſoleil; & il faut ſçavoir qu'elle n'eſt autre choſe, que celle qui ſe decrit par le point E de la circonference du cercle E B, lorſqu'on fait rouler ce cercle ſur un autre dont le demidiametre eſt E D, & le centre D. De ſorte que c'eſt une maniere de Cycloïde, mais de laquelle les points ſe peuvent trouver geometriquement.



Sa longueur eſt egale preciſement aux $\frac{4}{3}$ du diametre de la ſphere: ce qui ſe trouve, & ſe demonſtre par le moyen de ces ondes, à peu pres de meſme que la meſure de la courbe precedente: quoyqu'il ſe pourroit encore demonſtrer par d'autres manieres, que je laiſſe, parce que cela eſt hors du ſujet. L'eſpace A O B E F A, compris de l'arc du quart de cercle, de la droite B E, & de la courbe E F A, eſt egal à la quatrieme partie du quart de cercle D A B.

FIN.

DISCOVRS

DE LA CAVSE

DE LA

PESANTEVR.

Par Monſieur CHRISTIAN HUYGENS, Seigneur de Zeelhem.

A LEIDE,

Chez PIERRE VANDER AA, Marchand Libraire.

MDCXC.

PREFACE.

La Nature agit par des voies ſi ſecrettes & ſi imperceptibles, en amenant vers la Terre les corps qu'on appelle peſants, que quelque attention ou induſtrie qu'on emploie, les ſens n'y ſçauroient rien decouvrir. C'eſt ce qui a obligé les Philoſophes des ſiecles paſſez à ne chercher la cauſe de cet admirable effet, que dans les corps meſmes, & de l'attribuer à quelque qualité interne & inherente, qui les faiſoit tendre en bas & vers le centre de la Terre, ou à un appetit des parties à s'unir au tout. ce qui n'eſtoit pas expoſer les cauſes, mais ſuppoſer des Principes obſcurs & non entendus. On peut le pardonner à ceux qui ſe contentoient de pareilles ſolutions en bien de rencontres; mais non pas ſi bien à Democrite & à ceux de ſa Secte, qui aiant entrepris de rendre raiſon de tout par les Atomes, en ont excepté la ſeule Peſanteur; qu'ils ont attachée

aux corps terreſtres, & aux Atomes meſmes, ſans s'enquerir d'où elle leur pouvoit venir. Parmi les autheurs & reſtaurateurs modernes de la Philoſophie, pluſieurs ont bien jugé qu'il faloit etablir quelque choſe au dehors des corps, pour cauſer les attractions & les fuites qu'on y obſerve : mais ils ne ſont allez guere plus loin que ces premiers, lors qu'ils ont eu recours, les uns à un air ſubtil & peſant, qui en preſſant les corps les fiſt deſcendre ; (car c'eſt ſuppoſer desja une peſanteur, & il eſt ſi fort contre les loix de la Mechanique de vouloir qu'une matiere liquide & peſante preſſe en bas les corps qu'elle environne, qu'au contraire elle devroit les faire monter, eſtant ſuppoſez ſans aucun poids en eux meſmes, tout ainſi que l'eau fait monter une phiole vuide qu'on y enfonce :) les autres à des eſprits & à des emanations immaterielles ; ce qui n'eclaircit de rien, puiſque nous n'avons nulle conception, comment ce qui eſt immateriel donne du mouvement à une ſubſtance corporelle.

Mr. Des Cartes à mieux reconnu que ceux qui l'ont precedé, qu'on ne comprendroit jamais rien d'avantage dans la Phyſique, que ce qu'on pourroit raporter à des Principes qui n'excedent pas la portée de noſtre eſprit, tels que ſont ceux qui dependent des corps, conſiderez ſans qualitez, & de leurs mouvements. Mais comme la plus grande difficul-

té

té conſiſte à faire voir comment tant de choſes diverſes ſont effectuées par ces ſeuls Principes, c'eſt à cela qu'il n'a pas fort reüſſi dans pluſieurs ſujets particuliers qu'il s'eſt propoſé à examiner : deſquels eſt entre autres, à mon avis, celuy de la Peſanteur. On en jugera par les remarques que je fais en quelques endroits ſur ce qu'il en a eſcrit ; aux quelles j'en aurois pû joindre d'autres. Et cependant j'avoue que ſes eſſais, & ſes vuës, quoyque fauſſes, ont ſervi à m'ouvrir le chemin à ce que j'ay trouvé ſur ce meſme ſujet.

Je ne le donne pas comme eſtant exemt de tout doute, ni à quoy on ne puiſſe faire des objections. Il eſt trop difficile d'aller juſques là dans des recherches de cette nature. Je crois pourtant que ſi l'hypotheſe principale, ſur la quelle je me fonde, n'eſt pas la veritable, il y a peu d'eſperance qu'on la puiſſe rencontrer, en demeurant dans les limites de la vraye & ſaine Philoſophie.

Au reſte, ce que j'apporte icy, entant qu'il ne regarde que la cauſe de la Peſanteur, ne paroitra pas nouveau à ceux qui auront lû le Traité de Phyſique de Mr. Rohault ; parce que ma Theorie y eſt raportée preſque entiere. Car ce Philoſophe ayant vû mon Experience de l'eau tournante, & ayant entendu l'application que j'en faiſois, (ainſi qu'il le

reconnoit avec ingenuité,) a trouvé assez de vraisemblance dans mon opinion, pour la vouloir suivre. Mais parce que parmy mes pensées, il mesle aucunement celles de Mr. Des Cartes, & les sienes propres, & qu'il omet plusieurs choses qui apartienent à cette matiere, dont il y en a qu'il ne pouvoit pas sçavoir, j'ay esté bien aise qu'on visit comme je l'ay traitée moy mesme.

La plus grande partie de ce Discours a ésté écrite du temps que je demeurois à Paris, & elle est dans les Registres de l'Academie Royale des Sciences, jusques à l'endroit où il est parlé de l'alteration des Pendules par le mouvement de la Terre. Le reste a esté adjouté plusieurs années apres: & en suite encore l'Addition, à l'occasion qu'on y trouvera indiquée au commencement.

TA-

TABLE

DES MATIERES

Traitées dans ce Discours.

Que mon Explication de la Pesanteur differe de celle de Mr. Des Cartes. p. 130.
La force Centrifuge comparée à celle de la Pesanteur. p. 130.
Comment elle peut servir à causer la Pesanteur. p. 131.
Experience qui represente l'effet de la Pesanteur. p. 132.
Experience de Mr. Des Cartes pour la mesme fin. p. 133.
Hypothese pour expliquer la Pesanteur. p. 135.
Sa definition. p. 137.
Pourquoy on ne s'apperçoit pas du mouvement de la matiere qui cause la Pesanteur. p. 137.
Qu'il y a encore d'autres matieres qui rempliſſent les espaces de l'air. p. 137.
Que la matiere, qui cause la Pesanteur, passe par les pores de tous les corps que nous connoissons. p. 139.
Ce qui fait la differente Pesanteur des corps. p. 139.
Que les Pesanteurs des corps gardent la mesme proportion que les quantitez de matiere qui les composent. p. 140.
Refutation de l'opinion contraire de Mr. Des Cartes. p. 140.
Quelle est la viteſſe de la matiere qui cause la Pesanteur sur la Terre. p. 142.
Que la rapidité de cette matiere sert à rendre raison de plusieurs autres effets naturels. p. 144.
Que la mesme rapidité est cause de l'acceleration continuelle des corps qui tombent. p. 144.
Et de ce que leurs viteſſes croiſſent dans la proportion des temps. p. 145.
De l'observation du racourciſſement du Pendule à Secondes pres de la Ligne Equinoctiale. p. 145.
Quelle est la raison de cet effet. p. 146.
De combien les Horloges à pendule retardent en allant vers la Ligne Equinoctiale, & comment on peut calculer ces retardements. p. 149. & 150.
Que la Ligne du Plomb ne tend pas au centre de la Terre. p. 151.
Que la Terre n'est pas spherique. p. 152.
Experience des Horloges à pendule pour trouver les Longitudes sur mer. p. 153.
Moyen de determiner quelle est la figure de la Terre. p. 154.
Quelle pourroit estre cette figure, si la Terre tournoit beaucoup plus viſte. p. 157.
Considerations sur le Systeme de Mr. Newton. p. 160.

Inco-

Inconvenients des Tourbillons de Mr. Des Cartes. p. 161.
Si la matiere celeſte doit eſtre rare. p. 161.
Comment ſa denſité n'empéche point que les corps ne ſoient peſants. p. 163.
Conſideration ſur l'extenſion de la Lumiere en ligne droite, p. 164.
Remarque ſur la Lune, qui confirme la diminution de la peſanteur, en raiſon contraire des quarrez des diſtances du centre de la Terre. p. 165.
S'il n'en doit pas arriver une ſeconde irregularité aux Horloges à pendule. p. 166.
De la Peſanteur dans les Planetes de Saturne & Jupiter, & á la ſurface du Soleil. p. 167.
Conjecture touchant la cauſe de la forte Lumiere du Soleil. p. 168.
Du mouvement des corps peſants qui tombent, ou qui ſont jettez, dans un milieu qui reſiſte. p. 108. *& ſuivantes.*
Proprietez remarquables de la Ligne Logarithmique. p. 176.

DIS-

DISCOURS

De la Cauſe

DE LA PESANTEUR.

Pour trouver une cauſe intelligible de la Peſanteur, il faut voir comment il ſe peut faire, en ne ſuppoſant dans la nature que des corps qui ſoient faits d'une meſme matiere, dans leſquels on ne conſidere aucune qualité ni aucune inclination à s'approcher les uns des autres, mais ſeulement des differentes grandeurs, figures, & mouvements; comment, disje il ſe peut faire que pluſieurs pourtant de ces corps tendent directement vers un meſme centre, & s'y tienent aſſemblez à l'entour; qui eſt le plus ordinaire & le principal phenomene de ce que nous appellons peſanteur.

La ſimplicité des principes que j'admets, ne laiſſe pas beaucoup de choix dans cette recherche. car on juge bien d'abord qu'il n'y a point d'apparence d'attribuer à la figure, ni à la petiteſſe des corpuſcules, quelque effet ſemblable à celuy de la peſanteur; laquelle eſtant une effort, ou une inclination au mouvement, doit vraiſemblablement eſtre produite par un mouvement. De ſorte qu'il ne reſte qu'à chercher de quelle maniere il peut agir, & dans quels corps il ſe peut rencontrer.

A regarder ſimplement les corps, ſans cette qualité qu'on appelle peſanteur, leur mouvement eſt naturellement ou droit ou circulaire. Le premier leur apartenant lors qu'ils ſe meuvent ſans empeſchement : l'autre quand ils ſont retenus autour de quelque centre, ou qu'ils tournent ſur leur centre meſme. Nous connoiſſons aucunement la nature du mouvement droit, & les loix que gardent les corps dans la communication de leurs mouvements, lorſqu'ils ſe rencontrent. Mais tant que l'on ne conſidere que cette ſorte de mouvement, & les reflexions qui en arrivent entre les parties de la matiere, on ne trouve rien qui les determine à tendre vers un centre. Il faut donc venir neceſſairement aux proprietéz du mouvement circulaire, & voir s'il y en a quelqu'une qui nous puiſſe ſervir.

Je ſçay que Mr. Des Cartes a auſſi taſché dans ſa Phyſique d'expliquer la peſanteur par le mouvement de certaine matiere qui tourne autour de la Terre ; & c'eſt beaucoup d'avoir eu le premier cette penſée. Mais l'on verra, par les remarques que je feray dans la ſuite de ce diſcours, en quoy ſa maniere eſt differente de celle que je vais propoſer, & auſſi en quoy elle m'a ſemblé defectueuſe.

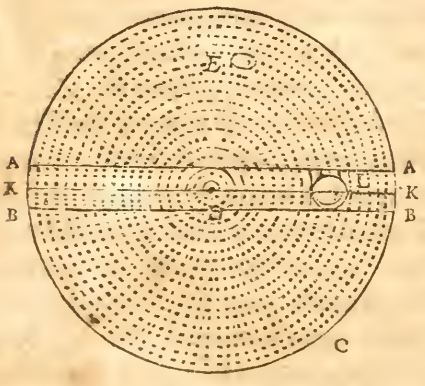
Il a conſideré, comme moy, l'effort que font les corps, qui tournent circulairement, à s'eloigner du centre ; dont l'experience ne nous permet pas de douter. Car en tournant une pierre dans une fronde, l'on ſent qu'elle nous tire la main, & cela d'autant plus fort que l'on tourne plus viſte ; juſques là meſme que la corde peut venir à ſe caſſer. J'ay fait voir cy devant cette meſme proprieté du mouvement circulaire, en attachant des corps peſants ſur une table ronde, percée au centre, & qui tournoit ſur un pivot ; & j'ay trouvé la determination de ſa force, & pluſieurs Theoremes qui la concernent : que l'on peut voir à la fin du livre que j'ay eſcrit du Mouvement des Pendules. Par exemple, je dis qu'un corps tournant en rond, au bout d'une

corde

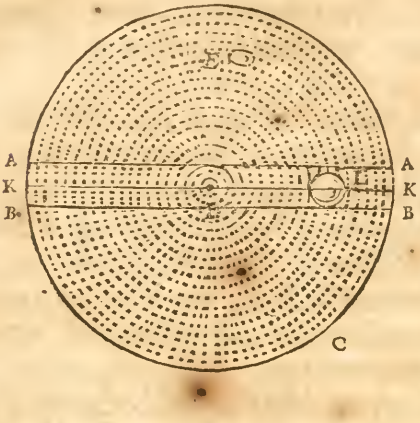
corde etendue horizontalement, s'il va avec la viteſſe qu'il pourroit acquerir par ſa chute, en tombant d'une hauteur egale à la moitié de la meſme corde, c'eſt-à-dire au quart du diametre de la circonference qu'il decrit, elle ſera tirée juſtement avec autant de force que ſi elle ſoutenoit le meſme corps ſuſpendu en l'air.

L'effort à s'eloigner du centre eſt donc un effet conſtant du mouvement circulaire. & quoyque cet effet ſemble directement oppoſé à celuy de la gravité, & que l'on ait objecté à Copernic que, par le tournoiement de la terre en 24 heures, les maiſons & les hommes devroient eſtre jettez dans l'air; je feray voir pourtant, que ce meſme effort, que font les corps tournants en rond à s'eloigner du centre, eſt cauſe que d'autres corps concourrent vers le meſme centre.

7. Imaginons nous qu'à l'entour du centre D il tourne de la matiere fluide contenue dans l'eſpace A B C, dont elle ne puiſſe point ſortir à cauſe des autres corps qui l'environnent. Il eſt certain que toutes les parties de ce fluide font effort pour s'éloigner du centre D; mais ſans aucun effet, puis que celles, qui devroient ſucceder en leur place, ont la meſme inclination à s'eloigner de ce centre. Mais ſi parmy les parties de cette matiere il y en avoit quelqu'une, comme E, qui ne ſuiviſt pas le mouvement circulaire des autres, ou qui allaſt moins vite que celles qui l'environnent; je dis qu'elle ſera pouſſée vers le centre. parce que ne faiſant



point d'effort pour s'en eloigner, ou en faiſant moins que les parties prochaines, elle cedera à l'effort de celles qui ſerõt moins eloignées du centre D, & leur fera place en s'approchant vers ce centre, puiſqu'elle ne le ſçauroit faire autrement.



L'on peut voir cet effet par une experience que j'ay faite expres pour cela, qui merite bien d'eſtre remarquée, parce qu'elle fait voir à l'œil une image de la peſanteur. Je pris un vaiſſeau cylindrique, d'environ 8 ou 10 pouces de diametre, & dont le fond eſtoit blanc & uni. ſa hauteur n'avoit que la moitié ou le tiers de ſa largeur. L'ayant rempli d'eau, j'y jettay de la cire d'Eſpagne concaſſée, qui, eſtant tant ſoit peu plus peſante que l'eau, va au fond; & en ſuite je le couvris d'un verre, appliqué immediatement ſur l'eau, que j'attachay tout autour avec du ciment, afin que rien ne puſt echaper. Eſtant ainſi ajuſté, je plaçay, ce vaiſſeau au milieu de la table ronde, dont j'ay parlé peu devant; & la faiſant tourner, je vis auſſi toſt que les brins de la cire d'Eſpagne, qui touchoient au fond, & ſuivoient mieux le mouvement du vaiſſeau que ne faiſoit l'eau, s'allerent mettre tout autour des bords, par la raiſon qu'ils avoient plus de force que l'eau à s'eloigner du centre. Mais ayant continué un peu de temps à faire tourner le vaiſſeau avec la table, par où l'eau acqueroit de plus en plus le mouvement circulaire, j'arreſtay ſoudainement la table; & alors à l'inſtant toute la cire d'Eſpagne s'enfuit au centre en un monceau, qui me repreſenta l'effet de la

la pesanteur. Et la raison de cecy estoit que l'eau, non-obstant le repos du vaisseau, continuoit encore son mouvement circulaire, & par consequent son effort à s'éloigner du centre; au lieu que la cire d'Espagne l'avoit perdu, ou peu s'en faut, pour toucher au fond du vaisseau qui estoit arresté. Je remarquay aussi que cette poudre s'alloit rendre au centre par des lignes Spirales, parce que l'eau l'entrainoit encore quelque peu. Mais si l'on ajuste, dans ce vaisseau, quelque corps en sorte, qu'il ne puisse point du tout suivre le mouvement de l'eau, mais seulement s'en aller vers le centre, il y sera alors pousse tout droit. Comme si L est une petite boule, qui puisse rouler librement sur le fond, entre les filets A A, B B & un troisiéme un peu plus élevé K K, tendus horizontalement par le milieu du vaisseau; l'on verra qu'aussi tost que le mouvement du vaisseau sera arresté, cette boule s'en ira au centre D. Et il faut noter que, dans cette derniere experience, on peut rendre le corps L de la mesme pesanteur que l'eau, & que la chose en succedera encore mieux; de sorte que, sans aucune difference de pesanteur des corps qui sont dans le vaisseau, le seul mouvement en produit icy l'effect.

L'experience que Mr. Des Cartes propose, dans une de ses lettres imprimées, differe beaucoup de celle-cy. car il remplit le vaisseau A B C de menuë dragée de plomb, entre-meslée de quelques pieces de bois, ou d'autre matiere plus legere que le plomb: & faisant tout tourner ensemble, il dit que les pieces de bois seront chassées vers le milieu du vase. ce que je puis bien croire, pourvu toutefois qu'on frappast legerement sur les bords du vaisseau, pour faciliter la separatiõ de ces deux matieres. Mais ce qui arrive icy n'est nullement propre à representer l'effet de la pesanteur; puis qu'on devroit conclure de cette experience, que les corps, qui contienent le moins de matiere, sont ceux qui pesent le plus. ce qui est contraire à ce qui s'observe dans la veritable pesanteur. Il propose encore, dans une autre

lettre, de jetter, dans de l'eau tournante, de petits morceaux de bois, & il dit qu'ils s'en iront vers le milieu de l'eau. Au quel endroit s'il entend du bois qui nage sur l'eau, comme il y a de l'apparence, il ne se fera point de concentration. Mais s'il veut qu'il aille au fond, ce sera veritablement la mesme experience que j'ay proposée peu auparavant, & le bois s'amassera au centre, mais ce sera à cause qu'en touchant au fond du vase, son mouvement circulaire sera retardé, de laquelle raison Mr. Des Cartes n'a point parlé.

Or ayant trouve dans la nature un effect semblable à celuy de la pesanteur, & dont la cause est connuë, il reste à voir si l'on peut supposer qu'il arrive quelque chose de pareil à l'égard de la Terre, cet à dire qu'il y ait quelque mouvement de matiere qui contraigne les corps à tendre au centre, & qui s'accommode en mesme temps à tous les autres phenomenes de la pesanteur.

Supposant le mouvement journalier de la Terre, & que l'air & l'ether qui l'environnent ayent ce mesme mouvement, il n'y a encore rien en cela qui doive produire la pesanteur: puisque, suivant l'experience peu devant rapportée, les corps terrestres ne devroient point suivre ce mouvement circulaire de la matiere celeste, mais estre à son égard comme en repos, s'il faloit qu'ils fussent poussez par elle vers le centre.

Que si l'on vouloit que la matiere celeste tournast du mesme costé que la Terre, mais avec beaucoup plus de viteſſe, il s'ensuivroit que ce mouvement rapide, d'une matiere qui se mouvroit continuellement & toute d'un mesme costé, se feroit sentir, & qu'elle emporteroit avec elle les corps qui sont sur la Terre; de mesme que l'eau emporte la cire d'Espagne dans nostre experience; ce qui pourtant ne se fait nullement. Mais outre cela, ce mouvement circulaire, autour de l'axe de la Terre, ne pourroit en tout cas chasser les corps, qui ne suivent pas le mes-

meſme mouvement, que vers ce meſme axe; de ſorte que nous ne verrions pas les corps peſants tomber perpendiculairement à l'horizon, mais par des lignes perpendiculaires à l'axe du monde, ce qui eſt encore contre l'experience.

Pour expliquer donc la peſanteur de la maniere que je la conçois, je ſuppoſeray que dans l'eſpace ſpherique, qui comprend la Terre & les corps qui ſont au tour d'elle juſqu'à une grande eſtenduë, il y a une matiere fluide qui conſiſte en des parties tres petites, & qui eſt diverſement agitée en tous ſens, avec beaucoup de rapidité. Laquelle matiere ne pouvant ſortir de cet eſpace, qui eſt entouré d'autres corps, je dis que ſon mouvement doit devenir en partie circulaire autour du centre; non pas tellement pourtant qu'elle viene à tourner toute d'un meſme ſens, mais en ſorte que la pluſpart de ſes mouvemens differens ſe faſſent dans des ſurfaces ſpheriques à l'entour du centre dudit eſpace, qui pour cela devient auſſi le centre de la Terre.

La raiſon de ce mouvement circulaire eſt que la matiere contenue dans quelque eſpace, ſe meut plus aiſement de cette maniere que par des mouvemens droits contraires les uns aux autres, leſquels meſme en ſe reflechiſſant, (parce que la matiere ne peut pas ſortir de l'eſpace qui l'enferme) ſont reduits à ſe changer en circulaires.

L'on voit cet effect du mouvement lors qu'on eſſaie de l'argent par la Coupelle; car la petite boule de plomb meſlée d'argent, ayant ſes parties fortement agitées par la chaleur, tourne inceſſament autour de ſon centre, tantoſt d'un coſté tantoſt d'un autre, changeant à tous momens, & ſi viſte que l'oeil a de la peine à s'en appercevoir. Il arrive encore la meſme choſe à une goute de ſuif de chandelle, lors que la tenant ſuſpendue à la pointe des mouchettes, on l'approche de la flame, car elle ſe met à tourner avec une tres grande viteſſe.

Il eſt vray que d'ordinaire cette goute tourne toute d'un

coſté ou d'autre, ſelon que la flame de la chandelle vient à la toucher. Mais dans la matiere celeſte, que j'ay ſuppoſée, il n'en doit pas arriver de meſme, par ce qu'ayant une fois du mouvement en tous ſens, il faut qu'il en demeure tousjours, quoyqu'il ſoit changé en ſpherique, par ce qu'il n'y a pas de raiſon pourquoy le mouvement d'une partie de la matiere l'emporteroit ſur celuy des autres, pour faire que toute la maſſe tournaſt d'un meſme ſens. Car au contraire, la loy de la nature, que j'ay rapportée ailleurs, eſt telle dans la rencontre des corps qui ſont diverſement agitez, qu'il s'y conſerve tousjours la meſme quantité de mouvement vers le meſme coſté.

Et quoy que ces mouvemens circulaires, en tant de ſens divers dans un meſme eſpace, ſemblent ſe devoir contrarier & empeſcher ſouvent; la grande mobilité toute fois de la matiere, aydée par la petiteſſe de ſes parties, qui ſurpaſſe de beaucoup l'imagination, fait qu'elle ſouffre aſſez facilement toutes ces differentes agitations. L'on voit quand on a brouillé de l'eau dans une phiole de verre, de combien de differens mouvemens ſes parties ſont capables; & il faut ſe figurer la liquidité de la matiere celeſte incomparablement plus grande que celle que nous remarquons dans l'eau; qui eſtant compoſée de parties peſantes, entaſſées les unes ſur les autres, devient par là pareſſeuſe au mouvement; au lieu que la matiere celeſte, ſe mouvant librement de tous coſtez, prend tres facilement des impreſſions differentes par les diverſes rencontres de ſes parties, ou par la moindre impulſion des autres corps. & s'il n'eſtoit ainſi, l'air ne cederoit pas ſi facilement qu'il fait au mouvement de nos mains. De ſorte qu'il faut conſiderer que les mouvemens circulaires de cette matiere fluide, autour de la Terre, ſont bien ſouvent interrompus & changez en d'autres, mais qu'il en demeure tousjours plus que de ceux qui ſuivent d'autres routes: ce qui ſuffit pour le preſent deſſein.

Il n'eſt pas difficile maintenant d'expliquer comment par ce mouvement la peſanteur eſt produite. Car ſi parmy la matiere fluide, qui tourne dans l'eſpace que nous avons ſuppoſé, il ſe rencontre des parties beaucoup plus groſſes que celles qui la compoſent, ou des corps faits d'un amas de petites parties accrochées enſemble, & que ces corps ne ſuivent pas le mouvement rapide de ladite matiere, ils ſeront neceſſairement pouſſez vers le centre du mouvement, & y formeront le globe Terreſtre s'il y en a aſſez pour cela, ſuppoſé que la Terre ne fuſt pas encore. Et la raiſon eſt la meſme que celle qui, dans l'experience raportée cy deſſus, fait que la cire d'Eſpagne s'amaſſe au centre du vaiſſeau. C'eſt donc en cela que conſiſte vraiſemblablement la peſanteur des corps: laquelle on peut dire, que c'eſt l'effort que fait la matiere fluide, qui tourne circulairement autour du centre de la Terre en tous ſens, à s'éloigner de ce centre, & à pouſſer en ſa place les corps qui ne ſuivent pas ce mouvement.

Or la raiſon pourquoy des corps peſants, que nous voions deſcendre dans l'air, ne ſuivent pas le mouvement ſpherique de la matiere fluide, eſt aſſez manifeſte; parce qu'y ayant de ce mouvement vers tous les coſtez, les impulſions qu'un corps en reçoit ſe ſuccedent ſi ſubitement les unes aux autres, qu'il y intercede moins de temps qu'il luy en faudroit pour acquerir un mouvement ſenſible. Mais comme cette ſeule raiſon ne ſuffit pas pour empêcher que les corps les plus menus que l'oeil puiſſe appercevoir, comme ſont les brins de pouſſiere qui voltigent dans l'air, ne ſoient point chaſſez ça & là par la rapidité de ce mouvement; il faut ſçavoir que ces petits corps ne nagent pas dans la ſeule matiere liquide qui cauſe la peſanteur: mais qu'outre celle cy il y a d'autres matieres, compoſées de particules plus groſſieres, qui rempliſſent la plus grande partie de l'eſpace qui eſt autour de nous, & meſme ceux des

cieux; lesquelles particules quoyque differemment agitées & reflechies entre elles, ne suivent pas le mouvement soudain de la matiere liquide; parce qu'estant contiguës, ou peu distantes les unes des autres, une trop grande quantité devroit se mouvoir à la fois. L'on sçait qu'il y a autour de la Terre premierement les particules de l'air, lesquelles on fera voir tout à l'heure estre plus grossieres que celles de la matiere fluide que nous avons supposée. Je dis de plus qu'il y a une matiere dont les particules sont plus menuës que celles de l'air, mais plus grossieres que celles de cette matiere fluide: ce qui se prouve par nostre experience, qu'on fait avec la Machine qui vuide l'air. Où l'on remarque l'effet d'une matiere invisible qui pese là où il n'y a point d'air; puis qu'elle y soutient l'eau suspendue dans un tube de verre, dont le bout ouvert est plongé dans d'autre eau: & qu'elle y fait couler l'eau d'un siphon recourbé, de mesme que dans l'air: pourvu que l'eau, dans ces experiences, ait esté purgée d'air; ce qui se fait en la laissant pendant quelques heures dans le vuide. Il paroit par là premierement, que les particules, de ce corps pesant & invisible, sont plus petites que celles de l'air, puisqu'elles passent à travers le verre qui exclud l'air, & qu'elles y font apercevoir leur pesanteur. Il paroit de plus qu'elles doivent estre plus grossieres que les particules de la matiere fluide qui cause la pesanteur, afin que le corps qu'elles composent ne suive pas le mouvement de cette matiere, par ce qu'en le suivant il ne seroit pas pesant. Il peut y avoir autour de nous encore d'autres sortes de matieres de differents degrez de tenuité, quoyque toutes plus grossieres que n'est la matiere qui cause la pesanteur. Lesquelles contribueront donc toutes à empêcher les petits brins de la poussiere d'estre emportez par le mouvement rapide de cette matiere, parce qu'elles ne suivent pas ce mouvement elles mesmes.

Il ne faut pas au reste trouver etranges ces differents degrez de

de petits corpuſcules, ni leur extreme petiteſſe. Car bien que nous ayons quelque penchant à croire que des corps, à peine viſibles, ſont desja preſque auſſi petits qu'ils le peuvent eſtre, la raiſon nous dit que la meſme proportion qu'il y a d'une montagne à un grain de ſable, ce grain la peut avoir à un autre petit corps, & cettuicy encore à un autre, & cela autant de fois qu'on voudra.

L'extreme petiteſſe des parties de noſtre matiere fluide eſt encore d'une neceſſité abſolue pour rendre raiſon d'un effet conſiderable de la peſanteur; qui eſt que des corps peſants, enfermez de tous coſtez dans un vaiſſeau de verre, de metail, ou de quelqu'autre matiere que ce ſoit, ſe trouvent peſer tousjours egalement. De ſorte qu'il faut que la matiere que nous avons dit eſtre cauſe de la peſanteur, paſſe tres librement à travers tous les corps qu'on eſtime les plus ſolides, & avec la meſme facilité qu'à travers l'air.

Ce qui ſe confirme encore par ce que, s'il n'y avoit pas cette liberté de paſſage, une bouteille de verre peſeroit autant qu'un corps maſſif de verre de la meſme grandeur; & que tous les corps ſolides d'egal volume peſeroient egalement; puiſque, ſelon noſtre Theorie, la peſanteur de chaque corps eſt reglée par la quantité de la matiere fluide qui doit monter en ſa place.

Cette matiere paſſe donc facilement dans les interſtices des particules dont les corps ſont compoſez, mais non pas par les particules meſmes; & ce qui cauſe les diverſes peſanteurs, par exemple, des pierres, des metaux &c. c'eſt que ceux de ces corps, qui ſont plus peſants, contienent plus de telles particules, non en nombre mais en volume: car c'eſt en leur place ſeulement que la matiere fluide peut monter. Mais parce qu'on pourroit douter, ſi ces particules, eſtant impenetrables à la dite matiere, ſont pour cela entierement ſolides: (car ne l'eſtant pas, ou meſ-

me

me eſtant vuides, elles devroient faire le meſme effet, par la raiſon que je viens de dire) je demontreray qu'elles ont cette parfaite ſolidité; & que par conſequent la peſanteur des corps ſuit preciſement la proportion de la matiere, qui les compoſe.

Je feray remarquer pour cela ce qui arrive dans le choc de deux corps, quand ils ſe rencontrent d'un mouvement horizontal. Il eſt certain que la reſiſtence que font les corps à eſtre mûs horizontalement, comme ſeroit une boule de marbre ou de plomb poſée ſur une table bien unie, n'eſt pas cauſée par leur poids vers la Terre, puiſque le mouvement lateral ne tend pas à les eloigner de la Terre, & qu'ainſi il n'eſt nullement contraire à l'action de la peſanteur, qui les pouſſe en bas.

Il n'y a donc rien que la quantité de matiere attachée enſemble, que chaque corps contient, qui produit cette reſiſtence: de ſorte que ſi deux corps en contienent autant l'un que l'autre, ils reflechiront egalement, ou demeureront tous deux ſans mouvement, ſelon qu'ils ſeront durs ou mols. Mais l'experience fait voir que toutes les fois que deux corps reflechiſſent ainſi egalement ou s'arreſtent l'un l'autre, eſtant venus à ſe rencontrer avec d'egales viteſſes, ces corps ſont d'egale peſanteur: donc il s'enſuit que ceux, qui ſont compoſez d'egale quantité de matiere, ſont auſſi d'egale peſanteur. ce qu'il faloit demonſtrer.

Monſ. Des Cartes eſtoit en cecy d'un autre ſentiment, comme encore en ce qui regarde le paſſage libre de la matiere, qui cauſe la peſanteur, à travers les corps ſur leſquels elle agit. Car pour ce qui eſt de ce dernier point, il veut que cette matiere ſoit empechée, par la rencontre de la Terre, de continuer ſes mouvements en ligne droite, & que pour cela elle s'en eloigne le plus qu'elle peut. En quoy il ſemble n'avoir pas penſé à cette proprieté de la peſanteur que j'ay fait remarquer peu auparavant

ravant. Car si le mouvement de cette matiere est empêché par la Terre, elle ne penetrera non plus librement les corps des metaux ni celuy du verre. D'où il s'ensuivroit que du plomb enfermé dans une phiole perdroit son poids à l'égard de la phiole mesme, ou que du moins ce poids seroit diminué. De plus, en portant un corps pesant au fond d'un puits, ou dans quelque carriere ou mine profonde, il y devroit perdre beaucoup de sa pesanteur. Mais on n'a pas trouvé, que je sçache, par experience qu'il en perde quoy que ce soit.

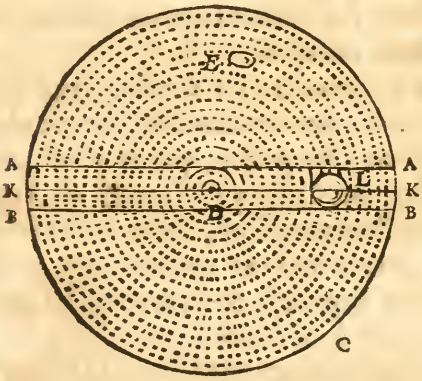
Quant à l'autre point, Mr. Des Cartes pretend, que, quoy qu'une masse d'or soit vingt fois plus pesante qu'une portion d'eau de la mesme grandeur, l'or neanmoins peut ne contenir que 4 ou 5 fois autant de matiere que l'eau: premierement à cause qu'il faut deduire (il faloit plutost dire adjouter) un poids égal à l'un & l'autre, à raison de l'air dans lequel on les pese: & puis parce que l'eau & les autres liquides ont quelque legereté à l'egard des corps durs, d'autant que les parties des premiers sont en un mouvement continuel.

Mais on peut respondre à la premiere de ces deux raisons, que la pesanteur de l'air autour de nous, n'estant à celle de leau qu'environ comme 1 à 800, ce ne sera pas un poids considerable qu'il faudra adjouter également à celuy de l'eau & de l'or, trouvé par la balance. Et pour l'autre raison, si elle estoit bonne, il faudroit qu'une mesme portion d'eau, apres estre gelée pesast bien d'avantage qu'estant liquide; & de mesme les metaux en masse, plus que quand ils sont fondus; ce qui est contre l'experience. Outre que je ne vois pas comment il a conceu que le mouvement des parties des corps liquides leur donneroit de la legereté, c'est-à-dire de l'effort pour s'ecarter du centre, puisque pour cela il faudroit que ce mouvement fust circulaire autour du centre de la Terre, ou qu'il fust plus fort vers le haut que vers le bas, ce qu'il n'a jamais dit, mais bien

au contraire que les parties des liqueurs se meuvent en tous sens indifferemment.

Il ne semble non plus avoir consideré combien la viteſſe de la matiere fluide doit eſtre grande, pour donner autant de peſanteur qu'on en trouve à la plus part des corps: parce qu'autrement il auroit bien jugé que le mouvement, que peuvent avoir les parties de l'eau & de semblables liquides, n'eſt nullement comparable au mouvement de cette matiere qui cauſe la peſanteur.

Pour moy j'ay recherché ſoigneuſement le degré de cette viteſſe, & je crois pouvoir determiner à peu prés à combien elle doit monter. Et puis que pluſieurs autres effets naturels en peuvent dependre, il ne ſera pas inutile de faire voir icy ce que produit mon calcul, & ſur quoy il eſt fondé. Reprenant donc la figure dont je me ſuis ſervi cy deſſus, puis que la peſanteur du corps E eſt juſtement égale à l'effort avec lequel une portion auſſi grande, de la matiere fluide, tend à s'éloigner du centre D; ou que c'eſt plutoſt la meſme choſe; il faut qu'une livre de plomb, par exemple, peſe autant vers la Terre, qu'une maſſe de la matiere fluide, de la grandeur de ce plomb, (j'entens de la grandeur que font ſes parties ſolides) peſe du coſté d'enhaut pour s'éloigner du centre, par la vertu de ſon mouvement circulaire. Or la matiere du plomb & la matiere fluide ne different en rien ſelon noſtre hypotheſe. On peut donc dire que la livre de plomb



plomb pese autant vers le bas, qu'elle peseroit vers le haut, si, demeurant à la mesme distance du centre de la Terre, elle tournoit autour avec autant de viteſſe que fait la matiere fluide. Mais je trouve par ma Theorie du mouvement Circulaire, qui s'accorde parfaitement avec l'experience, qu'un corps tournant en cercle, si on veut que son effort à s'éloigner du centre, égale justement l'effort de sa simple pesanteur, il faut qu'il fasse chaque tour en autant de temps, qu'un Pendule, de la longueur du demi diametre de ce cercle, en emploie à faire deux allées. Il faut donc voir en combien de temps un pendule, de la longueur du demidiametre de la Terre, feroit ces deux allées. Ce qui est aisé par la proprieté connue des pendules, & par la longueur de celuy qui bat les Secondes, qui est de 3 pieds 8½ lignes, mesure de Paris. Et je trouve qu'il faudroit pour ces deux vibrations 1 heure 24½ minutes; en supposant, suivant l'exacte dimension de Mr. Picard, le demidiametre de la Terre de 19615800 pieds de la mesme mesure. La viteſſe donc de la matiere fluide, à l'endroit de la surface de la Terre, doit estre égale à celle d'un corps qui feroit le tour de la Terre dans ce temps de 1 heure, 24½ minutes. Laquelle viteſſe est, à fort peu pres, 17 fois plus grande que celle d'un point sous l'Equateur; qui fait le mesme tour, à l'égard des Etoiles fixes, comme on doit le prendre icy, en 23 heures, 56 minutes. ce qui paroit par la proportion entre ce temps & celuy d'une heure 24½ minutes, qui est tres pres comme de 17 à 1.

Je sçay que cette rapidité semblera étrange à qui la voudra comparer avec les mouvemens qui se voient icy parmy nous. Mais cela ne doit point faire de difficulté; & mesme, par raport à sa sphere, ou à la grandeur de la Terre, elle ne paroitra point extraordinaire. Car si, par exemple, en regardant un Globe Terrestre, de ceux qu'on fait pour l'usage de la Geogra-

phie, on s'imagine sur ce globe un point qui n'avance que d'un degré en 14 Secondes ou battemens de pous, qui est la viteſſe de la matiere que je viens de dire; on trouvera ce mouvement tres mediocre, & meſme il pourra ſembler eſtre lent.

Il y a au reſte pluſieurs effets naturels qui ſemblent demander une matiere extrememẽt agitée, & qui penetre facilement par les pores des corps. Telle eſt la force de la poudre à Canon, qui en s'allumant ne prend pas ſon mouvement violent d'elle meſme, ni de celuy qui en aproche la meſche; & par conſequent il faut qu'il viene de quelqu'autre matiere qui ait ce mouvement, & qui ſe trouve par tout; faiſant ſon effet toutes les fois qu'elle y trouve une diſpoſition convenable. Telle eſt auſſi, à ce que je conçois, la force du Reſſort, tant de l'acier & autres corps ſolides, que de celuy de l'air. A quoy l'on peut joindre celle des muſcles des animaux: qu'on explique fort bien par une fermentation que le ſuc des nerfs cauſe dans le ſang: mais d'où viendra la force de la fermentation, ſi ce n'eſt de quelque mouvement de dehors? La puiſſante action de la Gelée ne paroit pas non plus concevable, ſi on n'a recours à une impulſion violente de quelque matiere, qui faſſe étendre ou la glace, en y introduiſant d'autres particules, ou les bulles qui s'y forment, en augmentant l'air qu'elles contienent. Ce qui ſe fait avec tant de violence, que j'en ay vû crever des canons de mouſquet, dans leſquels l'eau avoit eſté enfermée.

Mais pour revenir à la Peſanteur; l'extreme viteſſe de la matiere qui la cauſe, ſert encore à expliquer comment les corps peſants, en tombant, accelerent tousjours leur mouvement, quand meſme ils l'ont desja acquis à un fort grand degré de viteſſe. Car celuy de la matiere fluide, ſurpaſſant encore de beaucoup la celerité d'un boulet de canon, par exemple, qui retombe de l'air, apres y avoir eſté tiré perpendiculairement; ce boulet, juſqu'à la fin de ſa chûte, reſſent à fort peu prés la meſme preſſion

preſſion de cette matiere, & partant ſa celerité en eſt continuellement augmentée. Au lieu que, ſi la matiere n'avoit qu'un mouvement mediocre, la balle apres en avoir acquis autant, n'accelereroit plus ſa chûte, par ce qu'autrement elle ſeroit obligée de pouſſer cette meſme matiere, à ſucceder dans ſa place avec plus de viteſſe qu'elle n'auroit pour cela par ſon propre mouvement.

L'on peut enfin trouver icy la raiſon du Principe que Galilée a pris pour demontrer la proportion de l'acceleration des corps qui tombent; qui eſt que leur viteſſe s'augmente egalement en des temps egaux. Car les corps eſtant pouſſez ſucceſſivement par les parties de la matiere qui taſche de monter en leur place, & qui, comme on vient de voir, agiſſent continuellement ſur eux avec la meſme force, du moins dans les chûtes qui tombent ſous noſtre experience; c'en eſt une ſuite neceſſaire que l'accroiſſement des viteſſes ſoit proportionel à celuy des temps.

Ainſi donc j'ay expliqué, par une Hypotheſe qui n'a rien d'impoſſible, pourquoy les corps terreſtres tendent au centre; pourquoy l'action de la gravité ne peut eſtre empêchée par l'interpoſition d'aucun corps de ceux que nous connoiſſons; pourquoy les parties de dedans de chaque corps contribuent toutes à ſa peſanteur; & pourquoy en fin les corps en tombant augmentent continuellement leur viteſſe, & cela dans la raiſon des temps. Qui ſont les proprietez de la peſanteur qu'on avoit remarquées juſqu'a preſent.

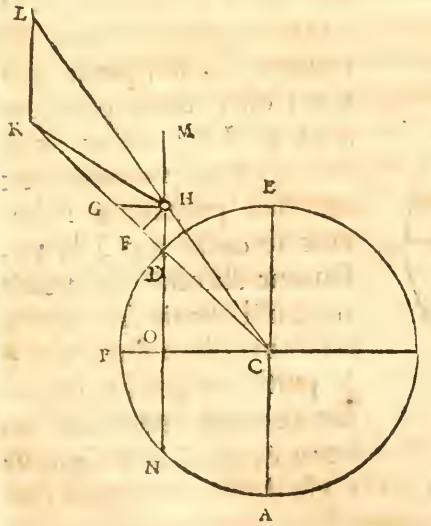
Il en reſte une encore, que juſqu'icy on n'a pas crû moins certaine; qui eſt que les corps peſans le ſont autant en un endroit de la Terre qu'en un autre. Ce qui aiant eſté trouvé autrement, par des obſervations qu'on a faites depuis peu, il vaut la peine d'examiner d'où cela peut proceder, & quelles en ſont les conſequences.

L'on aſſure d'avoir trouvé dans la Caiene, qui eſt un païs

dans l'Amerique, eloigné seulement de 4 ou 5 degrez de l'Equateur, qu'un Pendule qui bat les Secondes, y est plus court qu'a Paris d'une ligne & un quart. d'où s'ensuit que, si on prend des pendules d'égale longueur, celuy de la Caiene fait des allées un peu plus lentes que celuy de Paris. La verité du fait estant posée, on ne peut douter que ce ne soit une marque assurée de ce que les corps pesans descendent plus lentement en ce païs là qu'en France. Et comme cette diversité ne sçauroit estre attribuée à la tenuité de l'air, qui est plus grande dans la zone Torride; parce qu'elle devroit causer un effet tout contraire; je ne vois pas qu'il puisse y avoir d'autre raison, sinon qu'un mesme corps pese moins sous la ligne que sous des Climats qui s'en èloignent. Je reconnus, aussi tost qu'on nous eust communiqué ce nouveau phenomene, que la cause en pouvoit estre raportée au mouvement journalier de la Terre: qui estant plus grand en chaque païs, selon qu'il approche plus de la ligne Equinoctiale, doit produire un effort proportionné à rejetter les corps du centre; & leur oster par là une certaine partie de leur pesanteur. Et il est aisé, par les choses expliquées cy dessus, de sçavoir la quantieme partie ce doit estre, dans les corps qui se trouvent placez sous l'Equateur. Car ayant trouvé, comme on a vû, que, si la Terre tournoit 17 fois plus viste qu'elle ne fait, la force Centrifuge sous l'Equateur seroit égale à toute la pesanteur d'un corps; il faut que le mouvement de la Terre, tel qu'il est maintenant, oste une partie de la pesanteur, qui soit à la pesanteur entiere comme 1 au quarré de 17, c'est-à-dire $\frac{1}{289}$; parce que les forces des corps, à s'éloigner du centre autour du quel ils tournent, sont entre elles comme les quarrez de leurs viteſſes, suivant mon Theoreme 3e. *de Vi Centrifuga.* Chaque corps, sous l'Equateur, estant donc moins pesant de $\frac{1}{289}$ de ce qu'il seroit si la Terre ne tournoit point sur son axe; il s'ensuit, par les loix de la Mechanique, que la longueur d'un

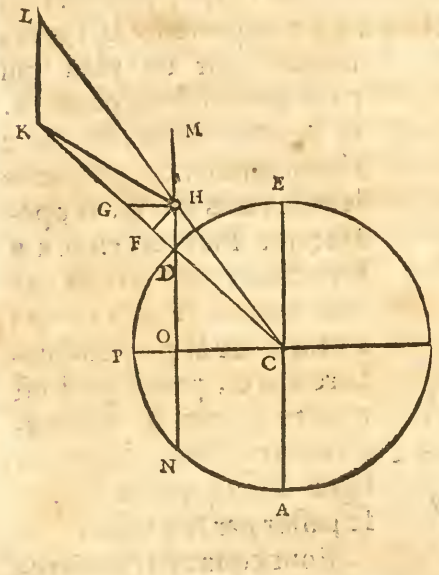
d'un Pendule, en cet endroit, doit auſſi eſtre diminuée de $\frac{1}{289}$, pour faire ſes allées dans le meſme temps qu'il les feroit ſur la Terre immobile.

Mais pour ſçavoir la diminution que doit ſouffrir un Pendule, qui de Paris eſt tranſporté ſous la ligne Equinoctiale, il faut conſiderer qu'a Paris ſa longueur eſt deſia moindre que ſi la Terre eſtoit en repos; parce que le mouvement journalier fait auſſi ſous ce parallele ſon effort à éloigner les corps du centre de la Terre. Lequel effort n'eſt pourtant pas ſi grand qu'il eſt ſous la Ligne; tant à cauſe que le cercle du mouvement eſt moindre, que parce qu'il ne chaſſe pas les corps directement en haut, mais ſuivant la perpendiculaire à l'axe de la Terre, comme l'on verra par cette figure. Le cercle P A Q E y repreſente la Terre, coupée par un plan qui paſſe par ſes deux poles, P, Q. le centre eſt C: le cercle Equinoctial E C A: le parallele de Paris D O N, ſuppoſant que Paris eſt en D. K H repreſente une corde qui ſoutient un plomb H, qui s'écarte de la perpendiculaire K D C, parce qu'il eſt rejetté, par le mouvement circulaire, ſuivant la ligne O D M; que je ſuppoſe paſſer par le poids H.



Pour connoitre maintenant quelle doit eſtre la ſituation du fil K H, & combien moins le plomb H peſe de cette façon, que s'il pendoit perpendiculairement le long

long de K D ; il faut considerer le point H comme estant tiré par trois fils, H C, H M, H K. desquels H C le tire vers le centre de la Terre, avec tout le poids que le plomb auroit si la Terre estoit sans mouvement. mais H M le tire de son costé avec la force que donne le mouvement de la Terre dans le cercle D N. & le troisieme fil H K tire, ou est tiré, avec une force qui est celle qu'on cherche. Ayant donc prolongé C H, & mené K L parallele à D M ; l'on sçait que les trois costez du triangle H I. K sont proportionels aux puissances qui tirent le point H : le costé L H respondant à celle qui tire par H C ; le costé K L à celle qui tire par H M ; & le costé H K à la puissance qui tire ou soutient le plomb par le fil KH. Mais le triangle KDH est censé avoir tous ses costez egaux à ceux du triangle H L K, parce que C H L est comme parallele à C D K. Les costez donc de K D H respondent aux mesmes puissances : sçavoir le costé K D à la pesanteur absoluë du poids H, qu'il auroit si la Terre ne tournoit point ; D H à la puissance que luy imprime le mouvement journalier ; & K H à la pesanteur qu'on cherche. Or ce triangle K H D est donné. car puis que nous sçavons que l'effort circulaire, sous l'Equateur en E, est $\frac{1}{289}$ du poids absolu : & puisque cet effort est à celuy en D, ou en H, comme E C à D O ; qui sont en raison donnée, nous sçaurons

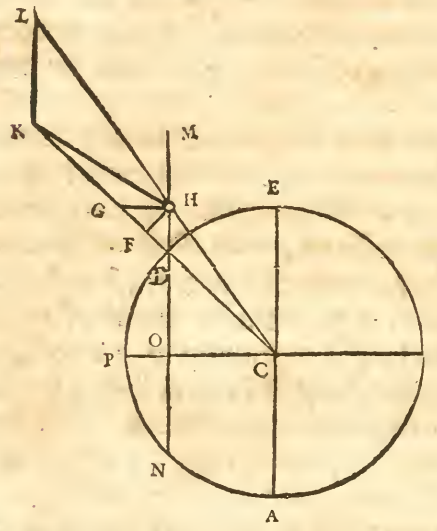


rons donc auſſi, quelle partie du poids abſolu eſt l'effort centrifuge en D ou H. c'eſt-à-dire que la raiſon de D K à D H ſera connue, comme eſtant compoſée de celle de 289 à 1, & de E C à D O. Mais l'angle H D K eſt auſſi connu, eſtant égal à celuy de la Latitude de Paris, ſçavoir de 48 degr. 51 min. Donc on connoitra la raiſon de D K à K H, qui eſt celle de la peſanteur abſoluë des corps, à celle qu'ils ont à Paris, & qui eſt encore celle de la longueur du pendule ſur la Terre immobile, à la longueur qu'il doit avoir ſous ce Parallele, ſuivant ce qui deſia a eſté dit. Et puis que la longueur du pendule à Secondes eſt donnée à Paris, l'on ſçaura auſſi celle qu'auroit le pendule à Secondes ſur la Terre immobile, & quelle eſt leur difference, & de combien cette difference eſt moindre que cette $\frac{1}{289}$, que nous avions trouvée ſous l'Equateur.

Pour faire cette ſupputation avec facilité, & ſans le calcul des triangles, il faut ſçavoir, & nous le proverons à cette heure, que, comme le quarré du rayon E C eſt au quarré de D O, ſinus du complement de la Latitude de Paris, ainſi eſt $\frac{1}{289}$, difference ou racourciſſement du pendule ſous l'Equateur, à la difference ou racourciſſement à Paris. Qui ſe trouve par la eſtre $\frac{1}{578}$ de la longueur du pendule ſur la Terre immobile, où ſous le Pole. Et puiſque le Pendule à ſecondes à Paris, eſt de 3 pieds $8\frac{1}{2}$ lignes; il s'enſuit que la Longueur du pendule ſur la Terre immobile, ou ſous le Pole, ſeroit de 3 pieds $9\frac{1}{2}$ lignes. d'où oſtant $\frac{1}{289}$, qui fait $1\frac{1}{2}$ ligne, on aura la longueur du pendule à Secondes, ſous l'Equateur, de 3 pieds $7\frac{2}{3}$ lignes. De ſorte que ce pendule ſeroit plus court, que celuy de Paris, de $\frac{2}{3}$ d'une ligne; qui eſt un peu moins que ce qui a eſté trouvé à la Caiene par Mr. Richer, ſçavoir une ligne & un quart.

Mais on ne peut pas ſe fier entierement à ces premieres obſervations, deſquelles on ne voit marqué aucune circonſtance. Et encore moins, à ce que je crois, à celles qu'on dit avoir

eſté faites à la Gadaloupe, où le racourciſſement du pendule de Paris auroit eſté trouvé de 2 lignes. Il faut eſperer qu'avec le temps nous ſerons informez au juſte de ces differentes longueurs, tant ſous la ligne qu'en d'autres Climats; & certainement la choſe merite bien d'eſtre recherchée avec ſoin, quand ce ne ſeroit que pour corriger, ſuivant cette Theorie, les mouvemens des Horloges à Pendule, en les faiſant ſervir à meſurer les Longitudes ſur mer. Car une Horloge, par exemple qui ſeroit bien reglée à Paris, eſtant tranſportée en quelque endroit ſous l'Equateur, retarderoit environ d'une minute & 5 ſecondes en 24 heures; comme il eſt aiſé de ſupputer ſuivant le raiſonnement precedent: & ainſi à proportion pour chaque different degré de Latitude. Où l'on trouvera que ces retardemens, entre eux, ſuivent aſſez preciſément la meſme proportion que les diminutions de la longueur du pendule: & que le plus grand retardement, tel que ſeroit celuy d'une Horloge ſous l'Equateur, lors qu'elle auroit eſté reglée ſous le Pole, ſeroit par jour fort prés de 2 ½ minutes. En ayant donc calculé des Tables, on pourroit corriger, par leur moien, le mouvement des Horloges, & s'en ſervir avec la meſme ſureté que ſi ce mouvement eſtoit par tout égal.



Pour demonſtrer ce qui à eſté poſé un peu auparavant, en cher-

cherchant la diminution du Pendule à Paris, (& c'eſt la meſme choſe dans quelque autre lieu que ce ſoit) lorſqu'on connoit la quantité de cette diminution ſous l'Equateur: ſoit priſe, dans la meſme figure, K F égale à K H, & ſoit H G parallele à l'axe P Q. Il a eſté montré que H D eſt à D K, comme l'effort à s'éloigner du centre, en D ou H, au poids obſolu ſur la Terre immobile. Mais comme E C ou C D à D O, c'eſt-à-dire comme G D à H D, ainſi eſt l'effort centrifuge en E, ſous l'Equateur, à celuy en D. Donc comme G D à D K, ainſi ſera l'effort centrifuge en E, au poids abſolu ſur la Terre immobile. Et la ligne G D ſera le racourciſſement du pendule, qui eſt requis ſous l'Equateur, ſuivant ce qui a eſté dit cy devant. Mais F D eſt le racourciſſement à Paris; & G D eſt à D F comme le quarré de G D au quarré de D H; parce que la petiteſſe de l'angle D K H, fait que H F peut eſtre conſiderée comme perpendiculaire à G D. Le racourciſſement donc ſous l'Equateur, à celuy qui convient à Paris, eſt comme le quarré de G D au quarré de D H; c'eſt-à-dire comme le quarré de C D, ou de E C, au quarré de D O. ce qu'il faloit demontrer.

Il reſte à conſiderer l'angle H K D, dans la meſme figure; qui marque de combien le plomb K H, eſtant en repos, decline de la perpendiculaire K D. Où je trouve que, ſous le Parallele de Paris, cet angle eſt de 5 minutes 54 ſecondes; & qu'il doit eſtre encore un peu plus grand au 45e degré de Latitude.

Cette declinaiſon eſt bien contraire à ce qu'on a ſuppoſé, de tout temps, comme une verité tres certaine; ſçavoir que la corde, qui tient un plomb ſuſpendu, tend directement au centre de la Terre. Et cet angle, d'une dixieme de degré, eſt aſſez conſiderable, pour faire croire qu'on devroit s'en eſtre aperceu, ſoit dans les obſervations Aſtronomiques, ſoit dans celles qu'on fait avec le Niveau. Car pour ne parler que de ces dernieres,

ne faudroit il pas, qu'en regardant du coſté du Nort, la ligne du niveau baiſſaſt viſiblement ſous l'Horizon? ce qui pourtant n'a jamais eſté remarqué, ni qui aſſurément n'arrive point. Et pour en dire la raiſon, qui eſt un autre paradoxe, c'eſt que la Terre n'eſt pas tout à fait ſpherique, mais d'une figure de ſphere abaiſſée vers les deux Poles, telle que feroit à peu prés une Ellipſe, en tournant ſur ſon petit axe. Cela procede du mouvement journalier de la Terre, & c'eſt une ſuite neceſſaire de la declinaiſon ſuſdite du plomb. Parce que la deſcente des corps peſans eſtant parallele à la ligne de cette ſuſpenſion, il faut que la ſurface de tout liquide ſe diſpoſe en ſorte, que cette ligne luy ſoit perpendiculaire, parce qu'autrement il pourroit deſcendre d'avantage. Partant la ſurface de la mer eſt telle, qu'en tout lieu le fil ſuſpendu luy eſt perpendiculaire. D'ou s'enſuit que la ligne du niveau, c'eſt-à-dire celle qui coupe le fil, du plomb ſuſpendu, à angles droits, doit marquer l'horizon, ainſi qu'elle fait; n'y ayant que la hauteur du lieu, où le niveau eſt placé, qui le faſſe viſer quelque peu plus haut. Or les coſtes des terres eſtant generalement elevées, & preſque par tout de meſme, à l'egard de la mer; il s'enſuit que tout le compoſé, de terres & de mers, eſt reduit a la meſme figure ſpheroïde que la ſurface de la mer ſe donne neceſſairement. Et il eſt à croire, que la Terre a pris cette figure, lors qu'elle a eſté aſſemblée par l'effect de la peſanteur: ſa matiere ayant dés lors le mouvement circulaire de 24 heures.

ADDITION.

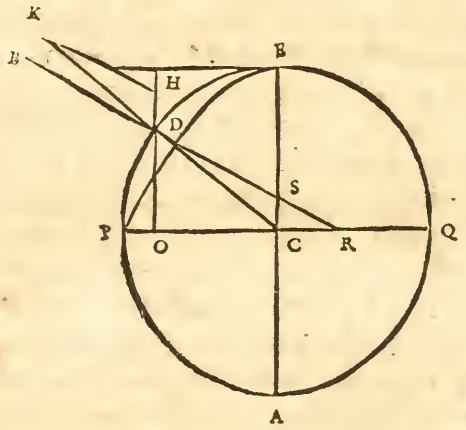
Quelque temps aprés que j'eus achevé d'eſcrire ce qui precede, ayant receu & examiné le journal du voiage, qui, par ordre de Meſſieurs les Directeurs de la Compagnie des Indes Orientales, a eſté fait, avec nos Horloges à pendule, juſ-

juſqu'au Cap de Bonne-Eſperance; & du depuis ayant encore lû le tres ſçavant ouvrage de Mr. Newton, dont le titre eſt *Philoſophiæ Naturalis principia Mathematica*; l'un & l'autre me fournit de la matiere pour étendre d'avantage ce Diſcours. Et premierement, quant aux differentes longueurs des Pendules dans divers Climats, dont il a auſſi traité, je crois avoir, par le moien de ces Horloges, non ſeulement une confirmation évidente de cet effect du mouvement de la Terre, mais auſſi de la meſure de ces longueurs, qui s'accorde tres bien avec le calcul que je viens d'en donner. Car ayant corrigé & rectifié, ſuivant ce calcul, les Longitudes qu'on avoit meſurées par les Horloges, au retour du Cap de B. Eſp^e. juſqu'au Texel en Hollande, (car en allant elles n'avoient point ſervi) j'ay trouvé que la route du vaiſſeau en eſtoit beaucoup mieux marquée ſur la Carte, qu'elle n'eſtoit ſans cette correction; & ſi bien, qu'en arrivant à ce Port, il n'y avoit pas 5 ou 6 lieues d'erreur dans la Longitude ainſi rectifiée. Suppoſant que celle dudit Cap avoit eſté bien priſe par les P. P. Jeſuites, lors qu'ils y paſſerent en l'année 1685, en allant à Siam; & qu'elle eſt de 18 degrez plus à l'Eſt que celle de Paris; ce que je ſçay encore d'ailleurs ne s'éloigner guere de la verité. Le detail de toute cette affaire eſt deduit au long dans le Raport que j'ay fait, touchant ce voiage des Pendules, aux dits Meſſieurs les Directeurs. Sur lequel raport, apres l'avoir fait examiner par des perſonnes intelligentes, il leur a plû d'ordonner qu'on fiſt une ſeconde epreuve; pour s'aſſurer par pluſieurs experiences de la bonté de cette invention. L'on verra quel ſera le ſuccés de cet autre voiage, & particulierement en ce qui eſt de la variation des Pendules. eſtant certain que, pour la bien connoitre, ces Horloges donnent un moyen plus ſeur, par leur acceleration & retardement, que n'eſt celuy de meſurer actuellement la longueur du pendule à Secondes en differens païs. Cependant,

parce que dans l'eſſay, dont je viens de parler, l'experience s'eſt ſi bien accordée avec ce que j'avois trouvé par raiſonnement, je m'y fie aſſez pour vouloir continuer cette ſpeculation, en cherchant premierement, quelle eſt donc la forme de la Terre, puiſque, comme il a eſté dit, elle n'eſt pas Spherique.

Il eſt bon pour cela de la conſiderer comme toute couverte d'eau, ou comme ſi toute ſa maſſe n'eſtoit autre choſe. Et alors il paroit, par ce qui a eſté expliqué cy deſſus, que la ſurface doit eſtre telle, que, dans quelque endroit que ce ſoit, le fil, qui ſoutient un plomb, l'aille rencontrer à angles droits; ayant égard à la peſanteur enſemble, & à la force centrifuge, qui detourne le fil de ſa direction vers le centre. Parce que ſi le fil ne rencontroit pas la ſurface à angles droits, elle ne pourroit pas demeurer en l'aſſiete où elle eſt.

Suppoſé donc les meſmes choſes, que dans la derniere figure du diſcours precedent, & auſſi ce qui en a eſté expliqué; mais faiſant la forme de la Terre un peu diminuée & applatie vers les Poles, en ſorte que l'axe PQ ſoit plus court que le diametre EA; ſoit menée BDSR parallele à KH, coupant EA, PQ en S & R. Puiſque le fil KH, qui ſoutient le plomb, ou plutoſt ſa parallele BD, doit rencontrer la ſurface de la mer à angles droits; & puiſque ce fil pend en ſorte, que KD eſt à DH, ou DC à CS,



C S, comme la pesanteur absoluë à la force centrifuge en D; laquelle raison est composée de celle de la pesanteur absoluë, à la force centrifuge en E, qui est comme de 289 à 1, & de celle de cette force à la force centrifuge en D, qui est comme EC à DO; il paroit que la nature de la Ligne courbe E D P est determinée par la proprieté de sa perpendiculaire, comme D R; c'est-à-dire qu'en menant une telle perpendiculaire, tousjours la raison de D C à C S doit estre composée d'une raison donnée, & de celle de E C à D O. Ou bien, comme on en peut inferer facilement, que la raison de D O à C S, ou de O R à R C doit estre composée de la dite raison donnée, & de celle de E C à C D.

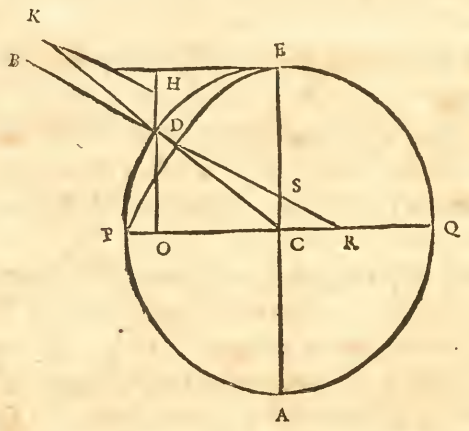
Or il est difficile de trouver ainsi des lignes courbes par la proprieté donnée de leurs perpendiculaires, ou, ce qui est la mesme chose, par la proprieté de leur Tangentes. Mais il y a un moyen assez aisé pour cette courbe icy, qui est fondé sur l'equilibre de certains canaux, dont Mr. Newton a donné la premiere idée.

Le canal qu'il suppose est representé dans nostre figure par E C P, faisant un angle droit au centre de la Terre. Il faut le concevoir comme ayant quelque peu de creux, & rempli d'eau. Ce qui estant, il est certain que les deux jambes, E C, C P, se doivent tenir en équilibre, si l'on suppose que la Terre, estant toute composée d'eau, prend une figure, dont les diametres soient E A & P Q: parce qu'autrement, cette eau du canal, ne demeureroit pas non plus dans son assiete en la concevant sans canal, contre ce qu'on suppose. d'où il est aisé de trouver la la raison de E A à P Q. Car en posant E C $\propto a$; C P $\propto b$, & representant la pesanteur absoluë par une ligne p; & la force centrifuge en E par la ligne n; le poids du canal P C est pb, sçavoir ce qui se fait en multipliant toutes les parties de ce canal egalement par la ligne p. Mais le poids du canal E C, qui seroit

pa,

$p\,a$, eſt diminué par la force centrifuge de toutes ſes parties, des quelles la plus élevée, qui eſt en E, a la force n; & toutes les autres parties l'ont proportionée à celle cy, ſuivant leur diſtances du centre D. ce qui fait $\frac{1}{2}na$ pour toute la force centrifuge de l'eau du canal E C, qui eſtant oſtée de ſon poids $p\,a$, reſte $p\,a - \frac{1}{2}n\,a$; qui doit eſtre égal à $p\,b$ poids du canal P C. d'où il paroit que a eſt à b comme p à $p - \frac{1}{2}n$. C'eſt-à-dire que le diametre E A de la Terre, eſt à ſon axe PQ, comme 289 à 288½, ou comme 578 à 577; car la raiſon de p à n eſtoit comme 289 à 1.

Pour trouver en ſuite quelle eſt la ligne courbe E D P, je m'imagine le canal plein d'eau E C D, & menant D O perpendiculaire ſur l'axe P C, je fais C O $\propto x$, & O D $\propto y$; les autres lignes eſtant nommées comme devant. Il eſt certain que l'eau de E C & celle de D C ſe doivent derechef contrebalancer. Et meſme, cela doit arriver



de quelque maniere qu'on conçoive que le canal ſoit fait, pourvû qu'il aboutiſſe de part & d'autre à la ſurface; comme, par ex. s'il alloit par D O C E, ou D O P, ou D C P. Maintenant, la force centrifuge de toute l'eau en C D, eſt égale à celle de l'eau qui rempliroit le canal O D, ſuppoſé de meſme largeur; ce qui ſe voit facilement par la Mechanique des plans inclinez. Mais comme E C $\propto a$, à D O $\propto y$, ainſi eſt la force centrifuge en E, qui eſtoit n, à la force centrifuge en D;

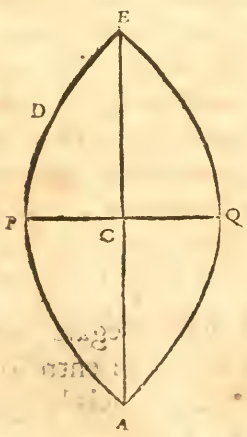
qui

qui sera donc $\frac{ny}{a}$. Dont la moitié multipliant le contenu du canal D O $\propto y$, fait la force centrifuge de ce canal $\propto \frac{1}{2}\frac{nyy}{a}$ qui est donc aussi la force centrifuge du canal C D. Mais la pesanteur de ce canal C D, vers le centre C, est $p\sqrt{xx+yy}$. donc sa pression qui reste vers C, sera $p\sqrt{xx+yy}-\frac{1}{2}\frac{nyy}{a}$: qui doit estre égale à $pa-\frac{1}{2}an$, pression du canal E C, trouvée cy-devant.

Laquelle Equation, en supposant $\frac{ap}{n} \propto f$, revient à celle-cy,

$$y^4 \propto 4ffyy - 4aaff + 4ffxx - 4afyy + 4a^3f + 2aayy - a^4$$

Qui fait voir que la ligne courbe E D P n'est pas une section de Cone, si ce n'est quand p & n sont égales; c'est-a-dire quand la force centrifuge d'un corps, placé en E, est supposée égale à sa pesanteur vers le centre C. Car alors il paroit que f est égale à a; & l'Equation devient $y^4 \propto 2aayy - a^4 + 4ffxx$; ou bien $y^4 - 2aayy + a^4 \propto 4ffxx$. & enfin $yy - aa \propto 2ax$. Ce qui marque qu'en ce cas E D P est une Parabole, telle que dans cette figure; ayant le sommet P; l'axe P C égal à la moitié de C E; & le parametre double de la mesme C E.



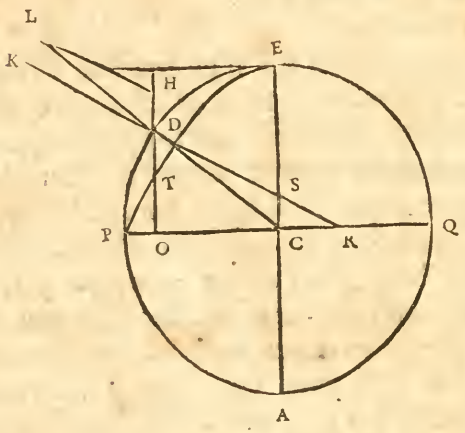
De sorte que si la Terre, ayant le diametre E A de la grandeur qu'il est, tournoit, sur son axe P Q, 17 fois plus viste qu'elle ne fait, (car alors la force centrifuge en E seroit égale à la pesanteur vers le centre, par la demonstration qui est dans

ce Discours) elle auroit la figure du corps que font ces deux demies Paraboles opposées, P E C, Q E C, en tournant autour de l'axe P Q. Et on voit que c'est là la plus grande force centrifuge qu'on puisse supposer; par ce que, si on la faisoit plus grande que la pesantenr, les corps placez en E s'envoleroient en l'air.

Hors de ce cas, si dans l'Equation trouvée l'on fait $yy \propto az$, estant z une ligne indeterminée, l'on aura

$$z \propto a - 2f + 2\frac{ff}{a} - \sqrt{4ff - 8f^3 + \frac{4f^4}{aa} + \frac{4ffxx}{aa}}$$

Et mettant d pour $\frac{ff}{a} - f$, viendra $z \propto a + 2d - \sqrt{4da + \frac{4ffxx}{aa}}$



D'où je connois que, C O estant x, si la perpendiculaire O T est appellée z; le point T sera dans une Hyperbole dont l'axe adjouté à C E sera $4d$. Et que comme $4ff$ à aa, ainsi sera l'axe au parametre; qui sera donc $\frac{aad}{ff}$, c'est-à-ire $a - \frac{na}{p}$, en restituant les valeurs de d & de f. Et parce que yy estoit égale à az, il s'ensuit que D O $\propto y$ sera moyene proportionelle entre O T & E C. D'où l'on peut trouver les points par lesquels la ligne courbe E D P doit passer.

Or cette ligne satisfait aussi à ce que j'ay dit estre requis; sçavoir que menant D R qui luy soit à angles droits, la raison de

de O R à R C ſera compoſée de la raiſon de p à n, & de E C à C D, comme cela ſe peut prouver par le calcul d'Algebre.

J'ay ſuppoſé dans tout ce raiſonnement que la peſanteur eſt la meſme au dedans de la Terre qu'à ſa ſurface; ce qui me paroit fort vraiſemblable, non obſtant la raiſon qu'on peut avoir d'en douter, dont je parleray aprés. Mais quand il en ſeroit autrement, cela ne changeroit preſque rien à ce qui a eſté trouvé de la figure de la Terre: mais bien alors quand la force centrifuge fait une partie conſiderable de la peſanteur, ou qu'elle luy eſt égale, comme dans le cas de la figure Parabolique, qui alors deviendroit tout autre. Au reſte quand la force centrifuge en E eſt tres petite à raiſon de la peſanteur, comme elle eſt icy ſur la Terre, l'Hyperbole E T P, à cauſe du grand éloignement de ſon centre, approche fort de la Parabole, & par conſequent E D P ne differe guere de l'Ellipſe; ni guere auſſi du cercle, parce que E C alors ne ſurpaſſe C P que de fort peu; comme il a eſté trouvé peu devant, que cet exces n'eſt que $\frac{1}{578}$ de E C, demi-diametre de la Terre.

Monſieur Newton le trouve $\frac{1}{231}$ de E C, & que ainſi la figure de la Terre differe bien plus de la ſpherique; ſe ſervant en cela d'une tout autre ſupputation, que je n'examineray pas icy, parce qu'auſſi bien je ne ſuis pas d'accord d'un Principe qu'il ſuppoſe dans ce calcul & ailleurs; qui eſt, que toutes les petites parties, qu'on peut imaginer dans deux ou pluſieurs differents corps, s'attirent ou tendent à s'approcher mutuellement. Ce que je ne ſçaurois admettre, par ce que je crois voir clairement, que la cauſe d'une telle attraction n'eſt point explicable par aucun principe de Mechanique, ni des regles du mouvement, comme je ne ſuis pas perſuadé non plus de la neceſſité de l'attraction mutuelle des corps entiers; ayant fait voir que, quand il n'y auroit point de Terre, les corps ne laiſſeroient pas, par ce qu'on appelle leur peſanteur, de tendre vers un centre.

Je n'ay donc rien contre la *Vis Centripetâ*, comme Mr. Newton l'appelle, par la quelle il fait peſer les Planetes vers le Soleil, & la Lune vers la Terre, mais j'en demeure d'accord ſans difficulté: parce que non ſeulement on ſçait par experience qu'il y a une telle maniere d'attraction ou d'impulſion dans la nature, mais qu'auſſi elle s'explique par les loix du mouvement, comme on a vû dans ce que j'ay écrit cy deſſus de la peſanteur Car rien n'empêche que la cauſe, de cette *Vis Centripeta* vers le Soleil, ne ſoit ſemblable à celle qui pouſſe les corps, qu'on appelle peſants, à deſcendre vers la Terre. Il y avoit long temps que je m'eſtois imaginé, que la figure ſpherique du Soleil pouvoit eſte produite de meſme que celle qui, ſelon moy, produit la ſphericitê de la Terre; mais je n'avois point etendu l'action de la peſanteur à de ſi grandes diſtances, comme du Soleil aux Planetes, ni de la Terre à la Lune; parce que les Tourbillons de Mr. Des Cartes, qui m'avoient autrefois paru fort vraiſemblables, & que j'avois encore dans l'eſprit, venoient à la traverſe. Je n'avois pas penſé non plus à cette diminution reglée de la peſanteur, ſçavoir qu'elle eſtoit en raiſon reciproque des quarrez des diſtances du centre: qui eſt une nouvelle & fort remarquable proprieté de la peſanteur, dont il vaut bien la peine de chercher la raiſon. Mais voiant maintenant par les demonſtrations de Mr. Newton, qu'en ſuppoſant une telle peſanteur vers le Soleil, & qui diminue ſuivant la dite proportion, elle contrebalance ſi bien les forces centrifuges des Planetes, & produit juſtement l'effet du mouvement Elliptique, que Kepler avoit deviné, & verifié par les obſervations, je ne puis guere douter que ces Hypotheſes touchant la peſanteur ne ſoient vrayes, ni que le Syſteme de Mr. Newton, autant qu'il eſt fondé la deſſus, ne le ſoit de meſme. Qui doit paroitre d'autant plus probable, qu'on y trouve la ſolution de pluſieurs difficultez, qui faiſoient de la peine dans les Tourbillons

lons ſuppoſez de Des Cartes. On voit maintenant comment les excentricitez des Planetes peuvent demeurer conſtamment les meſmes: pourquoy les plans de leurs Orbes ne s'uniſſent point, mais gardent leurs differentes inclinaiſons à l'égard du plan de l'Ecliptique, & pourquoy les plans de tous ces Orbes paſſent neceſſairement par les Soleil. Comment les mouvemens des Planetes peuvent s'accelerer & ſe ralentir par les degrez qu'on y obſerve; qui malaiſement pouvoient eſtre tels, ſi elles nageoient dans un Tourbillon autour du Soleil. On y voit enfin comment les Cometes peuvent traverſer noſtre Syſteme. Car depuis qu'on ſçait qu'elles entrent ſouvent dans la region des Planetes, on avoit de la peine à concevoir comment elles pouvoient quelquefois aller d'un mouvement contraire à celuy du Tourbillon, qui avoit aſſez de force pour emporter les Planetes. Mais, par la doctrine de Mr. Newton, ce ſcrupule eſt encore oſté; puiſque rien n'y empêche que les Cometes ne parcourent des chemins Elliptiques autour du Soleil, comme les Planetes; mais des chemins plus étendus, & de figure plus differente de la circulaire; & qu'ainſi ces corps n'aient leurs retours periodiques, comme quelques Philoſophes & Aſtronomes anciens & modernes ſe l'eſtoient imaginé.

Il y a ſeulement cette difficulté, que Mr. Newton, en rejettant les Tourbillons de Des Cartes, veut que les eſpaces celeſtes ne contienent qu'une matiere fort rare, afin que les Planetes & les Cometes rencontrent d'autant moins d'obſtacle en leur cours. Laquelle rareté eſtant poſée, il ne ſemble pas poſſible d'expliquer ni l'action de la Peſanteur, ni celle de la Lumiere, du moins par les voies dont je me ſuis ſervi. Pour examiner donc ce point, je dis que la matiere etherée peut eſtre cenſée rare de deux manieres, ſçavoir ou que ſes particules ſoient diſtantes entre elles, avec beaucoup de vuide entre deux; ou quelles ſe touchent, mais que le tiſſu de chacune ſoit rare, &

entre-meſlé de beaucoup de petits eſpaces vuides. Pour ce qui eſt du vuide, je l'admets ſans diſſiculté, & meſme je le crois neceſſaire pour le mouvement des petits corpuſcules entre eux. n'eſtant point du ſentiment de Mr. Des Cartes, qui veut que la ſeule étendue faſſe l'eſſence du corps; mais y adjoutant encore la dureté parfaite, qui le rende inpenetrable, & incapable d'eſtre rompu ni écorné. Cependant à conſiderer la rareté de la premiere maniere, je ne vois pas comment alors on pourroit rendre raiſon de la Peſanteur: & quant à la Lumiere, il me ſemble entierement impoſſible, avec de tels vuides, d'expliquer ſa prodigieuſe viteſſe, qui doit eſtre ſix cent mille fois plus grande que celle du Son, ſuivant la demonſtration de Mr. Romer, que j'ay raportée au Traité de la Lumiere. C'eſt pourquoy je tiens qu'une telle rareté ne ſçauroit convenir aux eſpaces celeſtes.

Il y a plus d'apparence de la concevoir de l'autre façon; parce que les particules s'y peuvent toucher, comme je les ay ſuppoſées au dit Traité, & toutefois, à cauſe de la legereté de leur tiſſu, reſiſter fort peu au mouvement des Planetes. Car que ſçait on juſqu'où la nature peut aller à compoſer des corps durs, avec peu de matiere; ſur tout, ſi des particules tres menues & deliées, ou meſme creuſes, peuvent eſtre infiniment fortes. Mais je crois que, ſans conſiderer la rareté, la grande agitation de la matiere etherée, peut contribuer beaucoup à ſa penetrabilité. Car ſi le petit mouvement des particules de l'eau la rend liquide, & de beaucoup moindre reſiſtence, à l'égard des corps qui nagent dedans, que n'eſt le ſable ou quelque poudre tres fine; ne faut il pas qu'une matiere plus ſubtile, & infiniment plus agitée, ſoit auſſi d'autant plus aiſée à penetrer?

Quoyqu'il en ſoit, nous voions que la nature ne manque pas d'induſtrie, pour faire qu'il y ait des eſpaces, dans leſquels les corps ſe meuvent avec tres peu de reſiſtence; car cela paroit

roit par ce que nos mains sentent dans l'air, & encore plus par les experiences qu'on fait dans les vaisseaux de verre, dont on a tiré tout l'air; où la plume la plus legere, descend avec la mesme viteſſe qu'une balle de plomb. Que si on vouloit soutenir que cela procede de la grande rareté de la matiere qui reste dans ce vuide d'air; j'alleguerois au contraire qu'on y aperçoit l'effet d'une matiere qui pese fort considerablement, comme on a vû dans l'experience cy dessus raportée.

Quant au raisonnement de Mr. Newton dans la Prop. 6. du Livre 3. pour prouver l'extreme rareté de l'ether: sçavoir que les pesanteurs des corps sont comme les quantitez de la matiere qu'ils contienent; & que, cela estant, si les espaces de l'air ou de l'éther estoient aussi pleins de matiere que l'or & l'argent, ces metaux n'y descendroient pas; parce qu'un corps solide, n'ayant pas une plus grande pesanteur specifique qu'un fluide, n'y sçauroit enfoncer. je dis que je suis d'accord que les pesanteurs des corps suivent les quantitez de leur matiere; & je l'ay mesme demontré dans ce present Discours. Mais j'ay aussi fait voir, qu'à ces corps que nous appellons pesants, la pesanteur peut bien estre imprimée par la force centrifuge d'une matiere, qui ne pese point elle mesme vers le centre de la Terre, à cause de son mouvement circulaire & tres rapide; mais qui tend à s'en éloigner. Cette matiere donc peut fort bien remplir tout l'espace autour de la Terre, que d'autres corpuscules n'occupent point, sans que cela empesche la descente des corps qu'on appelle pesants; estant au contraire la seule cause qui les y oblige. Ce seroit autre chose si on supposoit que la pesanteur fust une qualité inherente de la matiere corporelle. Mais c'est à quoy je ne crois pas que Mr. Newton consente, parce qu'une telle hypothese nous eloigneroit fort des principes Mathematiques ou Mechaniques.

Il me dira peutestre, que, quand on m'auroit accordé que

que la matiere etherée consiste en des particules qui se touchent, pour transmettre la lumiere ; on ne verroit pas pourtant qu'elle observeroit cette regle de ne s'étendre qu'en ligne droite, comme elle fait ; parce que cela est contre sa Propos. 42. du 2 Livre. qui dit que le mouvement, qui se repand dans une matiere fluide, ne s'etend pas seulement tout droit depuis son origine, apres avoir passé par quelque ouverture, mais qu'il s'ecarte aussi à costé. A quoy je repons par avance, que ce que j'ay allegué, pour prouver que la lumiere (horsmis en la reflexion ou en la refraction) ne s'etend que directement, ne laisse pas de subsister non obstant la dite Proposition. Parce que je ne nie pas que, quand le Soleil luit à travers une fenestre, il ne se repande du mouvement à costé de l'espace eclairé ; mais je dis que ces ondes detournées sont trop foibles pour produire de la lumiere. Et quoyqu'il veuille que l'emanation du Son prouve que ces epanchemens à costé sont sensibles, je tiens pour assuré qu'elle prouve plustost le contraire. Par ce que si le Son, ayant passé par une ouverture, s'etendoit aussi à costé, comme veut Mr. Newton, il ne garderoit pas si exactement, dans l'Echo, l'égalité des angles d'incidence & de reflexion ; en sorte que quand on est placè en un lieu, d'où il ne peut point tomber de perpendiculaire sur le plan reflechissant d'un mur un peu eloigné, on n'entend point repondre l'Echo au bruit qu'on fait en ce lieu, comme je l'ay experimenté tres souvent. Je ne doute pas aussi, que l'experience qu'il apporte du Son, qu'on entendroit non obstant une maison interposée, ne se trouvast tout autre, pourvû que cette maison fust placée au milieu de quelque grande eau, ou en sorte qu'il n'y eust rien autour, qui pust renvoier quelque parcelle du Son par reflexion.

Et pour ce qu'il dit, qu'en quelque endroit qu'on soit dans une chambre, dont la fenestre est ouverte, on y entend le Son de dehors, non pas par la reflexion des murailles, mais venant dire-

directement de la fenétre ; on voit combien il eſt facile de s'y abuſer, à cauſe de la multitude des reflexions reïterées, qui ſe font comme dans un inſtant ; de ſorte que le Son, qui s'entend comme venant immediatement de la fenétre ouverte, en peut venir, ou des endroits fort proches, aprés une double reflexion. J'avouë donc, que pour ce qui eſt des ondulations ou cercles qui ſe font à la ſurface de l'eau, la choſe ſe paſſe à peu pres comme l'aſſure Mr. Newton : c'eſt à dire qu'une onde, aprés avoir paſſé l'ouverture, ſe dilate en ſuite d'un coſté & d'autre, & toutefois plus foiblement là que dans le milieu. Mais pour le Son, je dis que ces emanations par les coſtez, ſont preſque inſenſibles à l'oreille : & qu'en ce qui eſt de la lumiere, elles ne font point d'effet du tout ſur les yeux.

J'ay crû devoir aller au devant de ces objections que pouvoit ſuggerer le Livre de Mr. Newton, ſçachant la grande eſtime qu'on fait de cet ouvrage, & avec raiſon ; puis qu'on ne ſçauroit rien voir de plus ſçavant en ces matieres, ni qui temoigne une plus grande penetration d'eſprit. Il me reſte encore deux choſes à remarquer dans ſon Syſteme, qui me ſemblent fort belles, & qui me donneront occaſion de faire quelque reflexion. Aprés quoy j'adjouteray ce que j'ay trouvé parmi mes papiers touchant le mouvement des corps à travers l'air, ou autre milieu qui reſiſte ; duquel mouvement il traite au long dans le livre 2.

On a vû comment dans le Syſteme de Mr. Newton les peſanteurs, tant des Planetes vers le Soleil, que des Satellites vers leurs Planetes, ſont ſuppoſées en raiſon double reciproque de leurs diſtances du centre de leurs Orbes. Ce qui ſe confirme admirablement par ce qu'il demontre touchant la Lune ; ſçavoir que ſa force centrifuge, que luy donne ſon mouvement, égale preciſement ſa peſanteur vers la Terre, & qu'ainſi ces deux forces contraires la tienent ſuſpendue là où elle eſt. Car la

distance d'icy à la Lune estant de 60 demidiametres de la Terre, & partant la pesanteur, dans sa region, $\frac{1}{3600}$ de celle que nous sentons ; il faloit que la force centrifuge d'un corps, qui se mouvroit comme la Lune, égalast de mesme $\frac{1}{3600}$ du poids qu'il auroit à la surface de la Terre. Ce qui se trouve effectivement ainsi, & le calcul s'en peut faire aisément, puis qu'on sçait desja que la force centrifuge sous l'Equateur est $\frac{1}{289}$ de nostre pesanteur icy bas.

Mais puisque cet exemple de la Lune prouve si bien la diminution du poids, suivant la raison reciproque des quarrez des distances du centre de la Terre ; on pourroit douter s'il n'y auroit pas aux Pendules une autre inégalité, outre celle qui estoit causée par le mouvement journalier. Car si la Terre n'est pas spherique, mais assez pres spheroïde, & qu'un point sous l'Equateur est plus eloigné du centre, que n'est un point sous le Pole, dans la raison de 578 à 577, comme il a esté dit cy-devant ; les pesanteurs estant en ces endroits en raison contraire des quarrez de ces distances, il faudroit aussi que le pendule sous l'Equateur fust plus court, que celuy dessous le Pole, dans cette mesme raison contraire. C'est à dire que ces pendules seroient comme 288 à 289 ; ou que le pendule sous l'Equateur seroit plus court de $\frac{1}{289}$ de ce qu'il seroit sous le Pole. Qui est justement la mesme difference, qui provenoit cy dessus du mouvement journalier, ou de la force centrifuge. De sorte qu'une Horloge, avec la mesme longueur de pendule, iroit plus lentement sous l'Equateur que sous le Pole, du double de ce qu'elle retardoit par le mouvement de la Terre ; & ainsi cette difference journaliere sous l'Equateur seroit de pres de 5 minutes. Et sous les autres paralleles, on la trouveroit par tout plus que double de ce qu'elle y estoit auparavant. Mais je doute fort que l'experience confirme cette grande variation, puisque j'ay vû que, dans le voiage dont j'ay fait mention, la seule premiere équation suffit, & que la plus que double mettroit, vers le

le milieu du chemin, trop de difference entre la route du vaiſſeau, calculée ſur le Pendule, & celle qu'il tenoit par l'Eſtime des Pilotes. Et pour rendre raiſon pourquoy la ſeconde variation n'auroit point lieu, je dis qu'il ne ſeroit par étrange ſi la peſanteur, prés de la ſurface de la Terre, ne ſuivoit pas preciſement, ainſi que dans les regions plus élevées, la diminution que font les differentes diſtances du centre; parce qu'il ſe peut que le mouvement de la matiere qui cauſe la peſanteur, ſoit aucunement alteré dans la proximité de la Terre. comme il l'eſt apparemment au dedans: puiſque ſans cela il faudroit dire que la peſanteur, en allant vers le centre, augmenteroit à l'infini; ce qui n'eſt point vraiſemblable. Au contraire, ſelon Mr. Newton, la peſanteur au dedans de la Terre diminue ſuivant que les corps approchent du centre; mais il ſe ſert à le prouver de ſon principe, dont j'ay dit que je ne ſuis pas d'accord.

Ce qui me reſte à remarquer touchant ſon Syſteme, & qui m'a fort plû, c'eſt qu'il trouve moyen, en ſuppoſant la diſtance d'icy ou Soleil connue, de definir quelle eſt la peſanteur que ſentiroient les habitans de Saturne & de Jupiter, comparée à la noſtre icy ſur la Terre, & quelle encore eſt ſa meſure à la ſurface du Soleil. Choſes qui d'abord ſemblent bien éloignées de noſtre connoiſſance; & qui pourtant ſont des conſequences des principes que j'ay raportez peu devant.

Cette determination a lieu dans les Planetes qui ont un ou pluſieurs Satellites, parce que les temps periodiques de ceux cy, & leur diſtances des Planetes qu'ils accompagnent, doivent entrer dans le calcul. Par lequel Mr. Newton trouve les peſanteurs aux ſurfaces du Soleil, de Jupiter, de Saturne, & de la Terre, dans la raiſon de ces nombres, 10000, 804½, 536, 805½. Il eſt vray qu'il y a quelque incertitude à cauſe de la diſtance du Soleil, qui n'eſt pas aſſez bien connuë, & qui a eſté priſe dans ce calcul d'environ 5000 diametres de la Terre, au

lieu que, suivant la dimension de Mr. Cassini, elle est environ de 10000, qui approche assez de ce que j'avois autrefois trouvé, par des raisons vraisemblables, dans mon Systeme de Saturne, sçavoir 12000. Je differe aussi de quelque chose en ce qui est des diametres des Planetes. De sorte que, par ma supputation, la pesanteur dans Jupiter, à celle que nous avons icy sur la Terre, se trouve comme 13 à 10, au lieu que Mr. Newton les fait égales, ou insensiblement differentes. Mais la pesanteur dans le Soleil, qui, par les nombres qu'on vient de voir, estoit environ 12 fois plus grande que la nostre sur la Terre, je la trouve 26 fois plus grande. D'où s'ensuit, en expliquant la pesanteur de la façon que j'ay fait, que la matiere fluide, aupres du soleil, doit avoir une viteſſe 49 fois plus grande que celle que nous avons trouvée pres de la Terre; qui estoit desià 17 fois plus grande que la viteſſe d'un point sous l'Equateur. Voila donc une terrible rapidité; qui m'a fait penser si elle ne pouroit pas bien estre la cause de la lumiere eclatante du Soleil, supposé que la lumiere soit produite comme je l'explique dans ce que j'en ay écrit; sçavoir de ce que les particules Solaires, nageant dans une matiere plus subtile & extremement agitée, frappent contre les particules de l'Ether qui les environnent. Car si l'agitation d'une telle matiere, avec le mouvement qu'elle a icy sur la Terre, peut causer la clarté de la flamme d'une chandelle, ou du Camphre allumé, combien plus grande fera t'elle cette clarté par un mouvement 49 fois plus prompt & plus violent?

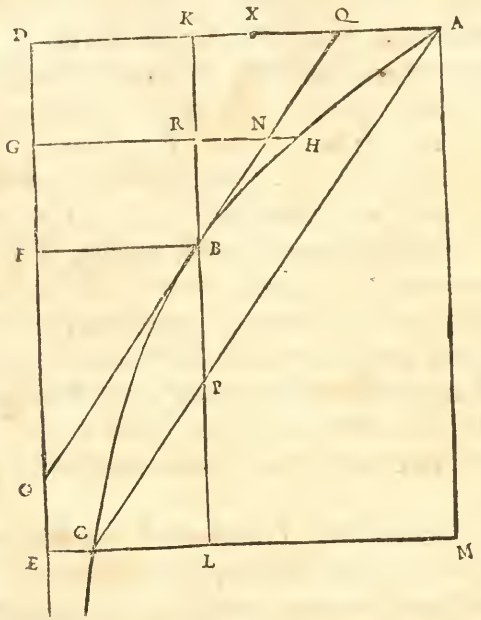
J'ay vu avec plaisir ce que Mr. Newton écrit touchant les chûtes & les jets des corps pesants dans l'air, ou dans quelqu'autre milieu qui resiste au mouvement; m'estant appliqué autrefois à la mesme recherche. Et puisque cette matiere appartient en partie à celle de la Pesanteur, je crois pouvoir raporter icy ce que j'en decouvris alors. Ce que je ne feray pourtant qu'en abregé

bregé & ſans y joindre les demomſtrations; ayant negligé de les achever, parce que cette ſpeculation ne m'a pas ſemblé aſſez utile, ni de conſequence, à proportion de la difficulté qui s'y rencontre.

J'examinay premierement ces mouvemens, en ſuppoſant que les forces de la Reſiſtance ſont comme les Viteſſes des corps, ce qui alors me paroiſſoit fort vraiſemblable. Mais ayant obtenu ce que je cherchois, j'appris preſque en meſme temps, par les experiences que nous fîmes à Paris dans l'Academie des Sciences, que la reſiſtence de l'air, & de l'eau, eſtoit comme les quarrez des viteſſes. Et la raiſon eſt aſſez aiſée à concevoir; parce qu'un corps, allant par exemple avec double viteſſe, eſt rencontré par deux fois autant de particules de l'air ou de l'eau, & avec double celerité. Ainſi je vis ma nouvelle Theorie renverſée, ou du moins inutile. Apres quoy je voulus auſſi chercher ce qui arrive lors qu'on ſuppoſe ce veritable fondement des Reſiſtances; où je vis que la choſe eſtoit beaucoup plus difficile, & ſur tout en ce qui regarde la ligne courbe que parcourent les corps jettez obliquement.

Dans la premiere ſuppoſition, où les reſiſtances ſont comme les viteſſes, je remarquay que, pour trouver les eſpaces paſſez en de certains temps, lors que les corps tombent ou montent perpendiculairement, & pour connoître les viteſſes au bout de ces temps, il y avoit une ligne courbe, que j'avois examinée long temps auparavant, qui eſtoit de grand uſage en cette recherche. On la peut appeller la *Logarithmique* ou la *Logiſtique*, car je ne vois pas qu'on luy ait encore donné de nom, quoyque d'autres l'aient encore conſiderée cy devant. Cette ligne infinie eſtant A B C, elle a une ligne droite pour Aſymptote, comme D E; dans la quelle ſi on prend des parties égales quelquonques qui ſe ſuivent, comme D G, G F, & que l'on tire des points D, G, F, des perpendiculaires juſqu'à la courbe, ſça-

voir D A, G H, F B, ces lignes seront proportionelles continuës. D'où l'on voit qu'il est aisé de trouver autant de points qu'on veut dans cette courbe ; de la quelle je raporteray par apres quelques proprietez qui meritent d'estre considerées. Pour expliquer ce qui est des chûtes des corps, je repete icy premierement ce que j'ay écrit à la fin du Traité du Centre d'Agitation: sçavoir qu'un corps, en tombant à travers l'air, augmente continuellement sa viteſſe, mais toutefois en sorte qu'il n'en peut jamais exceder, ni mesme atteindre, un certain degré, qui est la viteſſe qu'il faudroit à l'air à soufler de bas en haut, pour tenir le corps suspendu sans pouvoir descendre ; car alors, la force de l'air contre ce corps, égale sa pesanteur. J'appelle cette viteſſe, dans chaque corps, la viteſſe *Terminale*.



Si donc un corps pesant est jetté perpendiculairement en haut, avec une viteſſe dont la raison à la viteſſe Terminale soit donnée, par exemple comme de la partie A K à K D dans l'ordonnée A D, perpendiculaire à l'asymptote D E ; soit menée K B parallele à cette asymptote, & qu'au point B la courbe soit touchée par la droite B O, qui rencontre D E en O, & D A en Q. Laquelle tangente se trouve en prenant F O, depuis l'ordonnée B F,

B F, égale à une certaine longueur, qui pour toutes les tangentes eſt la meſme, & que je definiray dans la ſuite. Puis ſoit A C parallele à cette tangente, coupant K B prolongée en P; & du point C, où elle rencontre la courbe, ſoit tirée C L M, parallele à A D, & coupant K B prolongée, & A M parallele à l'aſymtote, aux points L & M. Maintenant le temps que le corps met à monter à la hauteur où il peut arriver, eſt au temps de ſa deſcente de cette meſme hauteur, comme la ligne K B à B L.

Et le temps qu'il emploie à monter à travers l'air, eſtant jetté comme il a eſté dit, eſt au temps qu'il emploieroit ſans rencontrer de reſiſtence, comme K B à K P.

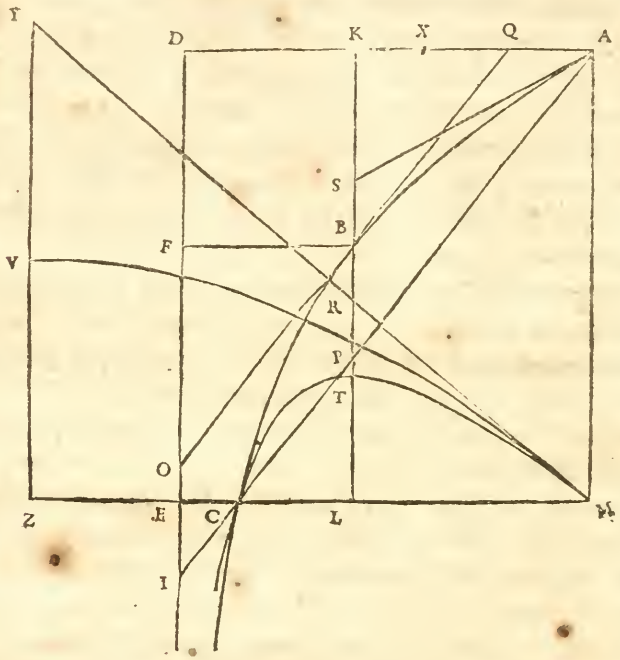
Et la hauteur à laquelle il montera dans l'air, à celle où il monteroit ſans reſiſtence, comme l'eſpace A B K au triangle A P K, ou comme Q A à A X, que je ſuppoſe eſtre la moitié d'une troiſieme proportionelle aux lignes D K, K A.

Et ſa viteſſe, en commençant de monter, à celle qu'il a en retombant à terre, comme M L à L C.

On trouve de plus, par cette meſme ligne, quelle eſt la courbe que parcourt un corps jetté obliquement. Car, dans la meſme figure, ſi l'angle du jet, ſur la ligne horizontale, eſt L M R, avec une viteſſe donnée, dont le mouvement en haut ſoit à la viteſſe Terminale comme A K à K D: ſoit repetée la conſtruction precedente, & que la droite A S, qui touche la courbe A B C en A, rencontre K B en S. Puis comme S P à P B ainſi ſoit R L à L T, & ſur la baſe M C ſoit dreſſée une figure proportionelle au ſegment A B C P, en ſorte que les paralleles & également diſtantes de l'aſymptote D E, dans l'une & l'autre figure, aient par tout la meſme raiſon de B P à T L. Ce ſera la courbe M T C qui marquera la figure requiſe du jet.

Et parce que la hauteur de l'élevation avec reſiſtance, eſtoit à la hauteut du jet libre, comme Q A à A X; ſi l'on fait que T L ait cette meſme raiſon à une autre ligne V Z; ce ſera la hauteur de la

de la Parabole M V que fait ce jet libre, commencé en M avec la meſme force, & dans la meſme direction MR, qu'avoit l'autre jet. De ſorte que ſi dans l'angle L M R on ajuſte Y Z perpendicu-



laire à M C, & égale à la double V Z, on aura le ſommet de cette parabole en V au milieu de Y Z, & ſa demie baſe ou demie amplitude M Z.

Il eſt à noter que, quel que ſoit l'angle d'elevation LMR, pourvu que la viteſſe verticale demeure la meſme, on trouve icy la meſme amplitude MC. Mais il faut eſtre averti que ce ſont ſeulement les figures des jets qu'on trouve de cette façon, & non pas les hauteurs & amplitudes de divers jets comparez enſemble. Car ils doivent tous eſtre de meſme hauteur, quand la celerité

rité verticale eſt la meſme. C'eſt pourquoy alors chaque figure de jet, ainſi trouvée, doit eſtre reduite à une figure proportionelle d'égale hauteur, ſi on veut ſçavoir comment les amplitudes, & les hauteurs des divers jets, ſont les unes aux autres.

J'adjoute encore icy, que la ligne Logarithmique ne ſert pas ſeulement à trouver les courbes des jets, mais qu'elle eſt cette courbe elle meſme en un cas, ſçavoir quand on jette un corps obliquement en bas, en ſorte que ce qu'il y a de deſcente perpendiculaire, égale la viteſſe Terminale. Car alors ce corps ſuivra preciſement la courbure d'une telle ligne, en s'approchant tousjours de l'aſymptote, ſans la pouvoir atteindre. Et ce qui determine l'eſpece de la ligne, c'eſt que ſa *Soutangente*, (je nommeray ainſi la ligne F O, qui pour toutes les tangentes eſt la meſme) ſera double de la hauteur à laquelle la viteſſe Terminale peut faire monter le corps, ſans reſiſtance du milieu.

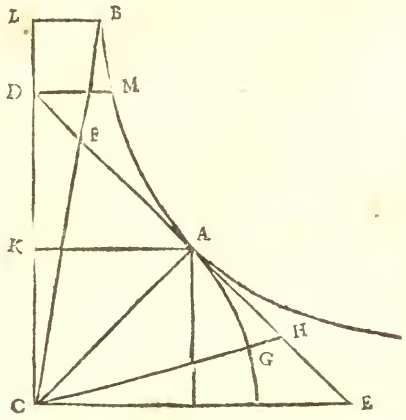
Ce ſont là les choſes que je trouvay en ſuppoſant la reſiſtance eſtre comme la viteſſe, mais toute cette Theorie eſtant, comme j'ay dit, fondée ſur un principe, que la nature ne ſuit point en ce qui eſt des reſiſtances de l'air & de l'eau, je la negligeay entierement; & ce n'eſt qu'à l'occaſion du Traité de Mr. Newton que je l'ay repriſe, pour voir ſi ce que nous avions cherché par des voies fort differentes, s'accordoit enſemble comme il faloit. Ce qui ſe trouve ainſi: car la conſtruction pour la ligne du jet, qu'il donne dans la Propos. 4 du 2 Livre, quoyque tout autre que la miene & plus difficile, produit pourtant la meſme courbe, comme cela ſe peut prouver par demonſtration.

En examinant ce qui arrive dans la vraye hypotheſe de la Reſiſtance, qui eſt en raiſon double de la Viteſſe, j'avois ſeulement determiné ce cas particulier, d'un corps jetté en haut avec ſa viteſſe Terminale; ſçavoir que le temps de toute ſon élevation en l'air, eſt au temps qu'il emploieroit à monter juſqu'où

il peut ſans reſiſtance, comme le Cercle au Quarré qui luy eſt circonſcrit. Et que la hauteur du premier jet eſt à la hauteur de l'autre, comme l'eſpace entre une Hyperbol & ſon aſymptote, terminé par deux paralleles à l'autre aſymptote qui ſoient en raiſon de 2 à 1, au rectangle où parallelogramme de la meſme Hyperbole. C'eſt-à-dire, comme, dans la figure ſuivante, l'eſpace A M D K au quarré A C. Je n'avois point recherché les autres cas, qui ſont compris univerſellement dans la Prop. 9, du 2 Livre de Mr. Newton, qui eſt tresbelle: & ce qui m'en empêcha, ce fut que je ne trouvois point, par la voie que je ſuivois, la meſure des deſcentes des corps, ſi non en ſuppoſant la quadrature de certaine Ligne courbe, que je ne ſçavois pas qu'elle dependoit de la quadrature de l'Hyperbole. Je reduiſis la dimenſion de l'eſpace de cette courbe, à une Progreſſion infinie, $a + \frac{1}{3}a^3 + \frac{1}{5}a^5 + \frac{1}{7}a^7$ &c. Ne ſçachant pas que la meſme progreſſion donnoit auſſi la meſure du ſecteur Hyperbolique: ce que j'ay vu depuis, en comparant la demonſtration de Mr. Newton avec ce que j'avois trouvé.

Mais par ce que cette Progreſſion, pour la meſure de l'Hyperbole, n'a pas encore eſté remarquée que je ſçache; je veux expliquer icy comment elle y ſert. Soit A B une Hyperbole, dont les aſymptotes D C, C E, faſſent un angle droit. le demi axe ſoit C A, perpendiculaire à D A E qui touche l'Hyberbole; & que A C B ſoit un Secteur, la ligne C B coupant A D en F. Si on prend maintenant A C ou A D pour l'unité, & que A F ſoit nommée a, qui eſt une fraction moindre que l'unité, quand A F, A D ſont commenſurables; je dis que, comme la ſomme de la Progreſſion infinie $a + \frac{1}{3}a^3 + \frac{1}{5}a^5 + \frac{1}{7}a^7$, &c. à 1, ainſi ſera le Secteur A C B au triangle A C D. Ou ſi on mene les perpendiculaires A K, B L ſur l'aſymptote, on peut dire la meſme choſe de l'eſpace A B L K, qui eſt egal à ce Secteur, comme on voit aiſement par l'égalité des triangles C A K, C B L. De ſorte que cette Progreſſion

greſſion pour l'Hyperbole, reſpond à celle qu'à donné Mr. Leibnits pour le Cercle. par laquelle, ſi le Secteur du Cercle eſt ACG, ayant pour rayon AC, & que CG coupe AE en H; AH eſtant nommée a, & AE égale à 1; la ſomme de la Progreſſion $a - \frac{1}{3}a^3 + \frac{1}{5}a^5 - \frac{1}{7}a^7$ &c. eſt à 1, comme le Secteur ACG au triangle ACE, ou comme l'arc AG à la droite AE.



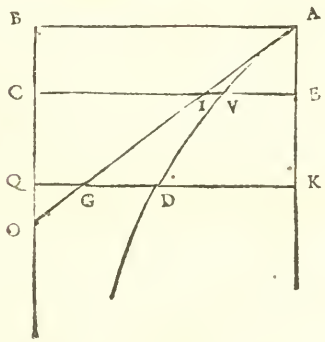
Pour ce qui eſt de la ligne du jet oblique; s'il ſuffiſoit, dans cette maniere de reſiſtance, de connoitre le mouvement horizontal & le vertical d'un corps, pour en compoſer le mouvement oblique, ainſi que dans la premiere hypotheſe, il y auroit moyen de determiner des points par où cette ligne doit paſſer: & la meſme ligne Logarithmique y ſeroit utile, eſtant tournée en ſorte que ſon aſymptote fuſt parallele à l'horizon; & elle meſme ſeroit derechef la courbe du jet, dans le cas ou j'ay dit qu'elle ſervoit auparavant. Mais cette compoſition de mouvement n'ayant point lieu icy; parce que la diminution du mouvement retardé, dans la diagonale d'un rectangle, n'eſt pas proportionelle aux diminutions par les coſtez; il eſt extremement difficile, ſi non du tout impoſſible, de reſoudre ce Probleme.

Le mouvement horizontal eſtant conſideré à part, comme d'une boule qui rouleroit ſur un plancher uni, à cela de remarquable icy, qu'il doit aller loin à l'infini, n'on-obſtant la reſiſtance

du milieu, au lieu que, quand la reſiſtance eſt comme la viteſſe, il eſt borné, & n'atteint jamais un certain terme. Et cette infinité ſe prouve aiſement par la Propos. 5. du 2 Livre du Traité de Mr. Newton, parce que l'eſpace compris entre l'Hyperbole & ſes aſymptotes eſt de grandeur infinie.

LEs proprietez de la ligne Logiſtique, que j'ay promis de raporter, & dont quelques unes ont ſervi à trouver ce que j'ay remarqué touchant les mouvemens à travers l'air, ſont les ſuivantes; outre la premiere, que j'ay deſia indiquée, de la proportionalité des ordonnées à l'aſymptote, quand elles ſont également diſtantes, par laquelle on trouve des points dans cette ligne.

1. Que les eſpaces compris entre deux ordonnées à l'aſymptote, ſont entre eux comme les differences de ces ordonnées. Ainſi dans cette figure, où AVD eſt la Logiſtique, BO ſon aſymptote, & les ordonnées AB, VC, DQ; dont ces dernieres, eſtant continuées, rencontrent AK, parallele à l'aſymptote, en E, K; les eſpaces ABCV, ABQD ſont entre eux comme les droites EV, KD.



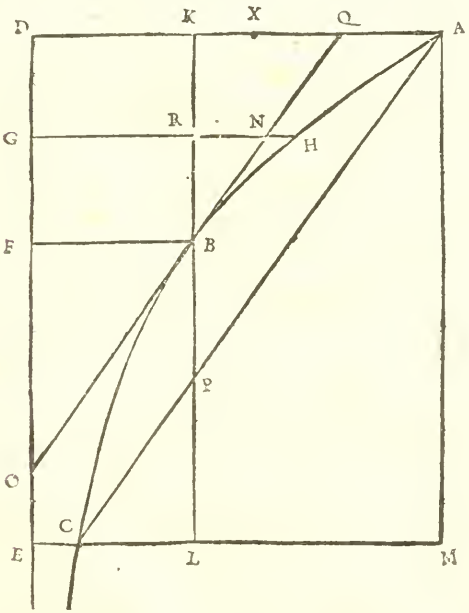
2. Que les meſmes choſes eſtant poſées, & AO eſtant la tangente au point A, laquelle coupe CE, QK, en I & G; les eſpaces AVE, ADK ſont entre eux comme les droites VI, DG.

3 Que l'eſpace compris entre deux ordonnées, eſt à l'eſpace infini, qui, depuis la moindre de ces ordonnées, s'étend entre la Logiſtique & ſon aſymptote, comme la difference des

des meſmes ordonnées eſt à la moindre. Quand je dis que l'eſpace infini à une certaine raiſon à un eſpace fini, cela ſignifie qu'il aproche ſi prés de la grandeur d'un eſpace donné, qui à cette proportion à l'eſpace fini, que la difference peut devenir moindre qu'aucun eſpace donné. Dans la figure precedente l'eſpace A B Q D eſt à l'eſpace infini, qui depuis D Q s'étend entre la courbe & l'aſymptote, comme K D à D Q.

4. Que la Soutangente, comme B O dans la meſme figure, eſt tousjours d'une meſme longueur, à quelque point de la Logiſtique que la tangente apartiene.

5. Que cette longueur ſe trouve par approximation, & qu'elle eſt à la partie de l'aſymptote, compriſe entre les ordonnées de là raiſon double, comme 43429 4481903251804 à 3010399956639811 95; ou, bien pres, comme 13 à 9.



6. Que s'il y a trois ordonnées, comme dans cette figure ſont A D, H G, B F, & que du point de la courbe, apartenant à la moindre, on mene une parallele à l'aſymptote qui coupe les deux autres ordonnées en R & K, & une tangente B Q qui les coupe en N & Q; les eſpaces trilignes A B K, H B R ſont entre eux, comme les parties des ordonnées entre la courbe & la tangente, ſçavoir comme A Q, H N.

7. Que l'eſpace infini entre une ordonnée, la Logiſtique, & ſon aſymptote, du coſté que ces deux dernieres vont en s'approchant, eſt double du triangle que font l'ordonnée, la tangente menée du meſme point que l'ordonnée, & la ſoutangente. Ainſi, dans la meſme figure, l'eſpace infini, depuis l'ordonnée B F, eſt double du triangle B F O.

8. Que l'eſpace, compris entre deux ordonnées, eſt égal au rectangle de la ſoutangente & de la difference des meſmes ordonnées. Ainſi, dans la meſme figure, l'eſpace A D F B eſt égal au rectangle de la ſoutangente F O & de K A.

9. Que le ſolide que fait l'eſpace infini depuis une ordonnée, en tournant autour de l'aſymptote, eſt ſeſquialtere du Cone, dont la hauteur eſt egale à la ſoutangente, & le demidiametre de la baſe égal à la meſme ordonnée. Ainſi le ſolide que fait l'eſpace infini B F O C, en tournant autour de F O, eſt ſeſquialtere du cone que fait le triangle B F O, en tournant autour de la meſme F O.

10. Que le ſolide produit par le meſme eſpace infini, en tournant autour de l'ordonnée B F, depuis laquelle il commence, eſt ſextuple du cone que fait le triangle B F O, par ſa converſion ſur B F. De laquelle meſure des ſolides il s'enſuit;

11. Que le centre de gravité de l'eſpace infini, depuis une ordonnée, eſt diſtant de cette ordonnée, de la longueur de la ſoutangente.

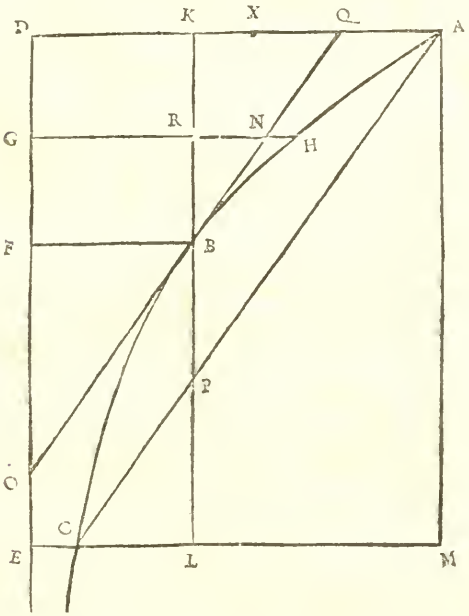
12. Que ce meſme centre de gravité eſt diſtant de l'aſymptote, du quart de l'ordonnée.

13. J'avois auſſi trouvé que le centre de gravité du premier des dits ſolides infinis, eſt diſtant de ſa baſe, de la moitié de la ſoutangente.

14. Et que le centre de gravité de l'autre ſolide eſt diſtant de ſa baſe infinie, d'une huitieme de ſon axe.

15. On ſçait aſſez que cette ligne Logiſtique ſert à la Quadrature

drature de l'Hyperbole, depuis les demonſtrations du P. Greg. de St. Vincent, touchant les eſpaces Hyperboliques compris entre deux ordonnées ſur une des aſymptotes. Et que s'il y a deux tels eſpaces, dont les ordonnées de l'un ſoient comme A D à H G dans la derniere figure, & les ordonnées de l'autre comme B F à C E; ces eſpaces ſeront entre eux comme les lignes D G à F E.



Mais on n'a point remarqué, que je ſçache, que ces meſmes eſpaces Hyperboliques ſont au Parallelogrãme de l'Hyperbole (j'appelle ainſi le parallelogramme dont les coſtez ſont les deux ordonnées ſur les aſymptotes, tirées d'un meſme point de la Section) comme chacune des lignes D G, F E, à la ſoutangente F O. De ſorte que, ſi le Parallelogramme de l'Hyperbole eſt ſuppoſé de 0,4342944819 parties, chaque eſpace Hyperbolique, compris entre deux ordonnées à une des aſymptotes, ſera à ce parallelogramme, comme le Logarithme de la proportion des meſmes ordonnées, c'eſt à-dire comme la difference des Logarithmes, des nombres qui expriment la proportion des ordonnées, au nombre 0,4342944819; en prenant des Logarithmes de 10 characteres outre la characteriſtique.

Et

Et d'icy il eſt aiſé de verifier la Quadrature de l'Hyperbole que j'ay donnée dans le Traité de l'Evolution des Lignes Courbes, qui eſt dans mon *Horologium Oſcillatorium*.

F I N.

Fautes à corriger au Traité de la Lumiere.

Pag. 9. l. 1. *liſez* eſtant. & l. 17. *liſ.* ce. *Pag.* 19. l. 4. *liſ.* toutefois. *Pag.* 20. l. 13. *liſ.* proprietez. *Pag.* 43. l. 13. *liſ.* l'air. *Pag.* 59. l. 15. *liſ.* compris. *Pag.* 60. l. 16. *liſ.* poſay. *Pag.* 63. l. 25. *liſ.* eſt fort pres. *Pag.* 76 l. 1. 28. 29. *pour* rectangle, *liſ.* parallelogramme. *Pag.* 80. *lig. derniere, liſ.* proportionelle. *Pag.* 81. *lin.* 4. *pour* No. 53. *liſez.* No. 34 & 40. *Pag.* 97. l. 21. *liſ.* hypotenuſe. *Pag* 98. l. 1. *au lieu de* eſt C H, *liſ.* ſoit C H. *Pag.* 116. l. 2. *au lieu de* diviſe *liſ.* dirige. *Pag.* 117. l. 6. *liſ.* s'aſſembleront. *Pag.* 121. l. 13. *pour* D V *liſ.* F V.

Au Diſcours de la cauſe de la Peſanteur.

Pag. 132. l. 22. *liſ.* je plaçay ce. *Pag.* 149. l. 16. *liſ.* prouverons. *Pag.* 151. l. 6. *d'enbas, liſ.* la corde. *Pag.* 158. l. 7. *d'enbas, liſ.* dire.

Library
of the
University of Toronto